Untersuchungen zur Frage der Lichtwirkung auf die Keimung einiger *Poa*-Arten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Willi Maier

aus Barmen

Mit 15 Textfiguren.

Leipzig

Gebrüder Borntraeger

1932

Untersuchungen zur Frage der Lichtwirkung auf die Keimung einiger *Poa*-Arten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Willi Maier

aus Barmen

Mit 15 Textfiguren.

Leipzig

Gebrüder Borntraeger

1932

Dekan: Prof. Dr. F. Machatschki

Referent: Prof. Dr. Ernst Lehmann

Von der Fakultät angenommen den 1. März 1933.

(Tag der mündlichen Prüfung).

Druck von E. Buchbinder (H. Duske) G. m. b. H. in Neuruppin

Einleitung.

Die zahlreichen über die Keimungsphysiologie von *Poa*-Körnern vorliegenden Untersuchungen könnten eine weitere Bearbeitung dieses Gegenstandes zunächst überflüssig erscheinen lassen. Jedoch zeigt ein eingehenderes Studium der Literatur, daß mit der Anzahl der Veröffentlichungen in zunehmendem Maße nicht in Übereinstimmung zu bringende Ergebnisse zutage gefördert wurden.

So geht aus der zusammenfassenden Darstellung in der „Keimungsphysiologie der Gräser" von Lehmann & Aichele (1931) hervor, daß einerseits eine Fülle von einander widersprechenden Angaben, insbesondere über die Keimung von *Poa pratensis* und *P. nemoralis* vorliegt, andererseits für viele Arten dieser Gattung, darunter *P. palustris* und *P. compressa*, nur wenige oder fast keine Untersuchungen ihres keimungsphysiologischen Verhaltens ausgeführt wurden.

Schon die Meinungen über die günstigste Keimungstemperatur stimmen nur wenig überein. Die Angaben über die für die Keimung optimalen konstanten Temperaturen sind für alle *Poa*-Arten äußerst spärlich. Nachdem Cieslar (1883) bei *Poa nemoralis* bessere Keimfähigkeit bei höheren als bei niederen Temperaturen erhalten hatte, waren die ersten eingehenderen Untersuchungen hierüber von Vanha (1898) an *Poa pratensis* gemacht worden und hatten zur Feststellung des Keimungsoptimums bei 27° C geführt. Im Gegensatz hierzu ist nach Gassner (1930) die günstigste Keimungstemperatur für *Poa pratensis*, *P. nemoralis* und *P. trivialis* die verhältnismäßig tiefe Temperatur von 12° C. Keine dieser beiden entgegengesetzten Meinungen hat bisher von anderer Seite eine Bestätigung erfahren. Für alle übrigen *Poa*-Arten liegen überhaupt keine Untersuchungen über die Keimfähigkeit bei verschiedenen konstanten Temperaturen vor.

Am längsten einig sind sich die Autoren mit nur wenigen Ausnahmen darüber, daß intermittierende Temperaturen besonders günstige Keimungsbedingungen für *Poa*-Arten darstellen. Das Verdienst, als erster die Wirkung verschiedener Temperaturkombinationen und Temperaturwechselformen auf die Keimung von *Poa pratensis* systematisch untersucht zu haben, muß Vanha (1898) zugesprochen werden. Er konnte bestimmte Gesetzmäßigkeiten

der Temperaturwechselwirkung finden (vgl. S. 367) und kam zu der Feststellung, daß die Keimung am günstigsten bei Temperaturwechsel 11/27° C verläuft, wenn 11° C 20 Stunden und 27° C oder eine um einige Grade höhere Temperatur 4 Stunden täglich zur Anwendung gelangen. Die Versuche Gassners (1930) brachten zum großen Teil eine Bestätigung der Resultate Vanhas, jedoch keine vollkommene Übereinstimmung (vgl. S. 367). Neben diesen Feststellungen finden sich in der Literatur Angaben, welche den Resultaten sowohl von Vanha wie von Gassner widersprechen.

Zu ähnlichen, jedoch nicht ganz übereinstimmenden Ergebnissen wie die beiden genannten Autoren kam Morinaga (1926) bei *Poa compressa* (vgl. S. 381), während für *P. palustris* derartige Untersuchungen bisher nicht vorlagen.

Da somit die Wirkung verschiedener Temperaturwechselformen auf die Keimung von *Poa*-Arten nicht endgültig geklärt schien, mußten meine Untersuchungen auch auf diese Fragen ausgedehnt werden.

Eine genaue Kenntnis der Keimung unter verschiedenen Temperaturbedingungen war vor allem deshalb notwendig, weil das viel umstrittene Problem der Lichtwirkung auf die Keimung von *Poa*-Körnern, dem meine Untersuchungen in erster Linie galten, zweifellos aufs engste mit diesen Temperaturfragen, besonders aber mit den Temperaturwechselverhältnissen verknüpft ist.

Noch wechsel- und widerspruchsvoller als die Frage der Keimungstemperatur stellt sich das Lichtkeimungsproblem beim Studium der Literatur der *Poa*-Keimung dar.

Auf die anfänglichen nach dieser Richtung angestellten Untersuchungen gehen wir im einzelnen an dieser Stelle nicht ein (vgl. dazu Lehmann & Aichele, 1931, S. 432—434 und 445—451). Sie führten zu der Annahme, daß das Licht eine keimungsfördernde Wirkung auszuüben vermag. Demgegenüber vertrat v. Liebenberg (1884) die Meinung, daß die eigentliche Ursache für die bessere Keimfähigkeit bei Belichtung nicht in der Wirkung der Lichtstrahlen, sondern des infolge der Belichtung auftretenden Temperaturwechsels zu suchen sei.

Jedoch wurde auch später von einer Reihe von Autoren immer wieder darauf hingewiesen, daß unabhängig von der Wärmewirkung des Lichtes auch den Lichtstrahlen selbst ein keimungsfördernder Einfluß zuzuschreiben sei. Auch Pickholz (1911), der in der gleichen Weise wie v. Liebenberg die Zusammenhänge zwischen Licht- und Temperaturwechselwirkung studierte, konnte einen Einfluß des Lichtes feststellen. Viele andere Autoren, es seien hier nur Jönsson (1893), Kinzel (1907 u. 1913), Heinrich (1912), Kleine (1924) und Nelson (1927) genannt, fanden ebenfalls bei Belichtung eine bessere Keimfähigkeit von *Poa*-Körnern als im Dunkeln. Da auf Grund dieser zahlreichen gleichlautenden Angaben auch die „Technischen Vorschriften für die Prüfung von Saatgut" vom Jahre 1928 für die Untersuchung von *Poa*-Arten Belichtung im Keimbett vorschreiben, war es um so auffallender, daß neuerdings von zwei Seiten [Toole (1923 und 1925); Gassner (1930)] die Wirkung des Lichtes auf die Keimung von *Poa*-Arten bestritten wird.

Besonders scharf wendet sich Gassner gegen die Auffassung, daß den Lichtstrahlen eine Bedeutung für die Keimung von *Poa*-Körnern zukomme: „In Übereinstimmung

mit den Angaben älterer Autoren[1]) ist die Keimung von *Poa pratensis, P. nemoralis* und *P. trivialis* nicht an Belichtung[1]), sondern an Temperaturwechsel im Keimbett . . . . gebunden" (1930, S. 833); und „Was die keimungsauslösende Wirkung intermittierender Temperaturen anbetrifft, so haben wir in *Poa*-Samen einen verhältnismäßig einfachen Fall, da hier trotz einiger entgegenstehender Literaturangaben mit einer Beeinflussung der Keimungsverhältnisse durch das Licht nicht oder höchstens in sehr geringem Umfang gerechnet zu werden braucht[1]), während der Temperaturwechsel eine ganz besonders deutliche Wirkung ausübt" (ebenda, S. 767/68).

Gassner nimmt mit v. Liebenberg an, daß die den entgegengesetzten Standpunkt vertretenden Autoren bei ihren Untersuchungen nicht in genügender Weise auf die Temperaturverhältnisse geachtet und Temperaturschwankungen während der Versuchsdauer eine Lichtwirkung vorgetäuscht hätten.

Zweifellos lassen zahlreiche der bisher vorliegenden Untersuchungen, die einen Beweis für das Vorhandensein einer Lichtwirkung zu erbringen scheinen, bei genauerer Prüfung erkennen, daß die Forderung der Gleichheit der Bedingungen für Lichtversuch und Dunkelkontrolle nicht genügend beachtet wurde, so daß neben dem Licht auch Temperaturwechsel den Keimungsprozeß beeinflußte.

Sicher liegt auch gerade in der Tatsache, daß dem Temperaturwechsel eine so große Bedeutung für die Keimung der *Poa*-Körner zukommt, eine besondere Schwierigkeit für die experimentelle Entscheidung der Frage, ob die Keimung von *Poa*-Arten des Lichtes bedarf, bezw. durch Belichtung gefördert wird.

Indessen, es handelt sich bei genauerer Betrachtung der vorliegenden Literatur keineswegs nur, wie Gassner meint, um „einige entgegenstehende Literaturangaben", welche sich für vorhandene Lichtwirkung entscheiden. Bei der großen Zahl solcher positiver Angaben erschien es im Gegenteil sehr erstaunlich, daß die beiden genannten neueren Autoren dem Lichte eine fördernde Wirkung bei der Keimung von *Poa*-Körnern absprechen. Eine erneute Untersuchung dieser Fragen schien deshalb dringend. Dabei mußte es meine Aufgabe sein, die Versuche unter genau bekannten und kontrollierten äußeren Bedingungen anzustellen, um exakte Vergleichsmöglichkeiten einerseits zwischen Licht- und Dunkelkontrollversuch, andererseits zwischen aufeinanderfolgenden Versuchen zu haben. Vor allem mußte den Temperaturverhältnissen aus den oben dargelegten Gründen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Daneben war es von Interesse zu untersuchen, welchen Grad von Lichtempfindlichkeit Gramineenfrüchte, speziell die von *Poa*-

1) Gesperrt vom Verfasser.

Arten, aufzuweisen haben. In *Lythrum Salicaria* hatte bekanntlich Lehmann (1918) äußerst lichtempfindliche Samen gefunden, die noch auf die minimale Lichtmenge von 2 MK × 1 Sek. mit Erhöhung der Keimfähigkeit im Vergleich zu den Dunkelkontrollen reagierten. Von anderer Seite wurde an anderen Samen eine ähnlich starke Förderung der Keimung durch das Licht festgestellt, so von Jensen (1901) für *Nicotiana*-Samen, deren hohe Lichtempfindlichkeit von Rao (1925), Wieser (1927) und Bihlmeier (1928) bestätigt und nach verschiedenen Richtungen hin eingehend untersucht worden ist. Für Gramineen fehlen jedoch ähnliche Feststellungen ganz (vgl. Lehmann und Aichele, 1931, S. 455).

Weiterhin erschien es notwendig, der Änderung der Lichtwirkung im Laufe der Nachreife besondere Beachtung zu schenken, da in der Nichtberücksichtigung dieser von Jönsson (1893) gemachten und später mehrfach bestätigten (z. B. Reiling, 1912) Beobachtung sicher ein Teil der vorhandenen Widersprüche eine Erklärung finden dürfte. Dabei zeigte es sich aber, daß der Gebrauch des Wortes „Lichtempfindlichkeit" in der vorliegenden Lichtkeimungsliteratur nicht immer eindeutig ist. Die Mehrzahl der Autoren schrieb den Samen dann eine geringere Lichtempfindlichkeit zu, wenn diese in einem fortgeschrittenen Nachreifezustand starke Dunkelkeimfähigkeit zeigten, die Förderung durch Belichtung infolgedessen nicht mehr in einer so großen Differenz der Keimprozente zu erkennen war. Diese Verhältnisse werden jedoch m. E. besser mit dem Ausdruck „Lichtbedürfnis" beschrieben. Die nachgereiften, schon im Dunkeln gut keimenden Samen wären also nicht als weniger lichtempfindlich, sondern als weniger lichtbedürftig zu bezeichnen, da sie für die Keimung nicht mehr so sehr auf das Licht angewiesen sind wie solche lichtempfindliche Samen, die im Dunkeln überhaupt nicht zu keimen vermögen, sondern zur Keimung unbedingt des Lichtes bedürfen.

Erstere, die nach der seither üblichen Bezeichnung als „wenig lichtempfindlich" anzusprechen wären, könnten jedoch sehr wohl lichtempfindlicher sein, d. h. auf geringere Lichtreize zu reagieren vermögen als letztere, nur bei Belichtung keimende Samen, die u. U. zur Keimung sehr großer Lichtmengen bedürfen, nach der seitherigen Bezeichnung jedoch „lichtempfindlicher" wären.

Samen, deren Keimfähigkeit im Dunkeln und bei Belichtung gleich groß ist, die jedoch in der Keimgeschwindigkeit durch Licht

gefördert werden, wären nach dem Vorstehenden zwar lichtempfindlich, aber nicht lichtbedürftig.

Sodann war der Frage, ob sich bespelzte und entspelzte Karyopsen bei der Keimung in Verbindung mit der Lichtwirkung verschieden verhalten, gerade bei unserem Versuchsmaterial erneute Aufmerksamkeit zu schenken. Hatte doch Gassner (1912) zwar für *Chloris ciliata* eine bessere Keimfähigkeit der entspelzten Körner finden, dagegen in seinen diesbezüglichen Versuchen mit *Poa*-Arten nicht feststellen können.

Im Zusammenhang mit den Lichtkeimungsfragen hatte Lehmann (1909) auf den keimungsfördernden Einfluß von Knopscher Nährlösung und von Salzsäure in bestimmter Konzentration (Lehmann und Ottenwälder, 1913 und Ottenwälder, 1914) für Samen von nicht zu den Gramineen gehörenden Arten hingewiesen. Gassner (1915) und Lehmann (1915) konnten dann unabhängig voneinander feststellen, daß die Wirksamkeit der Knopschen Nährlösung auf das Vorhandensein des Kalziumnitrats zurückzuführen ist, und daß andere Nitrate bezw. Stickstoffsalze ebenfalls eine solche Keimungsförderung auszuüben vermögen. Nach den wenigen bisher vorliegenden Untersuchungen ist auch bei *Poa*-Arten mit einer Keimungsbeeinflussung durch N-haltige Stoffe zu rechnen; doch sind auch hier die Angaben nicht widerspruchslos. So bestreiten Toole und Goss (1923 u. 1925) den Einfluß von KNO_3 auf die Keimung von *P. pratensis*, und Gassner (1930) konnte auch dann keine fördernde Wirkung des Lichtes auf *Poa*-Körner erkennen, wenn als Substrat bei der Keimung an Stelle von dest. Wasser N-haltige Substanzen zur Anwendung gelangten. Auch dieser Frage wurde von mir in besonderen Versuchen nachgegangen, und der Einfluß einer Reihe von Stickstoffsalzen sowie von Salzsäure auf die Keimung von *Poa nemoralis*, *P. pratensis* und *P. palustris* untersucht.

Abschnitt I.

Methodik und Material.

1. Das Keimbett.

Zu den Versuchen wurden Esmarchschalen verwendet, deren Höhe 2,5 cm und deren Durchmesser 3,5 cm betrug. Der Rand der Überfalldeckel war durchschnittlich 1 cm hoch. In die Gläschen kam eine 8fache Lage von säurefreiem Filtrierpapier (Schleicher

und Schüll Nr. 595) und 2,4 ccm destilliertes Wasser. Diese wegen der langen Versuchsdauer notwendige, verhältnismäßig große Wassermenge überstieg natürlich das Fassungsvermögen des Filtrierpapiers. Durch leichtes Schrägstellen der unteren Lagen konnte leicht erreicht werden, daß die oberen Filtrierpapierstückchen, auf denen die Karyopsen zu liegen kamen, nicht in das überschüssige Wasser eintauchten, jedoch durch die schräggestellten Scheibchen dauernd mit dem vorhandenen Wasservorrat in Verbindung standen.

Bei den Versuchen, in denen Lösungen von Stickstoffsalzen und Salzsäure als Substrat dienten, wurde an Stelle des destillierten Wassers dieselbe Menge der betreffenden Lösungen verwendet.

Die Keimschalen standen zu je zwei in schwarzen Holzklötzen und wurden sofort nach dem Einlegen der Körner mit schwarzen lichtundurchlässigen Pappstürzen überdeckt. Die Klötzchen befanden sich außerdem während der Versuche zu mehreren zusammen in einem mit schwarzem Filz ausgekleideten Karton. Auf diese Weise war ein unerwünschter Zutritt des Lichtes zum Keimbett ausgeschlossen.

2. Das Einlegen der Körner.

Die im voraus in kleine Gläschen abgezählten Karyopsen wurden im Dunkelzimmer bei schwachem, rotem Licht in die Keimbetten gebracht. Sofort nach dem Einlegen kamen die in der geschilderten Weise abgedunkelten Keimgefäße in den Keimapparat. Durch Kontrollversuche war festgestellt worden, daß die kurze, nur Bruchteile einer Minute dauernde Belichtung während des Einlegens ohne Einfluß auf die Keimung war.

3. Die Temperatur.

a) Konstante Temperaturen.

Als Keimapparate dienten die seit langem im Tübinger Institut gebrauchten, nach Angaben von Lehmann gebauten Thermostaten. Auf eine eingehende Beschreibung kann an dieser Stelle verzichtet werden, da ihr Bau und Prinzip schon mehrfach — so von Rao (1925) und Wieser (1927) — eine Darstellung erfahren haben.

Von diesen Apparaten standen mir fünf zur Verfügung. Je zwei davon waren auf die Temperatur 22° C, bezw. 30° C, einer auf 12° C eingestellt. Die Temperaturen 22° und 30° C konnten in den

auf der Nordseite bezw. im Keller des Tübinger Botanischen Instituts gelegenen physiologischen Dunkelzimmern leicht eingehalten werden. Um die konstante Temperatur 12° C zu erhalten, wurde einer der Keimapparate in dem vorderen der beiden Kühlräume des Instituts aufgestellt. Dadurch, daß die Temperatur in diesem Raume durch zeitweises Ingangsetzen der Kältemaschine auf durchschnittlich 8—10° C gehalten wurde, konnte der Thermostat leicht auf die Temperatur 12° C einreguliert und ebensogut konstant gehalten werden wie die mit den Temperaturen 22° und 30° C. Die Temperaturschwankungen bei allen Apparaten waren meist kleiner als $^1/_5$° C.

Für meine Versuche standen mir demnach die konstanten Temperaturen 12°, 22° und 30° C (im Folgenden kurz KT 12° usw. genannt) zur Verfügung.

b) Temperaturwechsel.

Bei den Versuchen über den Einfluß intermittierender Temperaturen wurde so verfahren, daß die Keimschalen unter strengster Beachtung des Lichtabschlusses von dem einen Apparat in den anderen mit höherer oder niederer Temperatur gebracht wurden. Die Intermissionszeiten betrugen 20 und 4 Stunden. In der nachfolgenden Darstellung bedeutet TW 12/30°, daß die Versuche sich täglich 20 Stunden bei 12° und 4 Stunden bei 30° C befanden; umgekehrt heißt TW 30/12°, die Karyopsen waren 20 Stunden täglich im 30°-Thermostaten und 4 Stunden bei KT 12° C.

An Temperaturwechselformen kamen alle zwischen den Temperaturen 12°, 22° und 30° C möglichen Kombinationen zur Anwendung, also TW 12/22°, 12/30°, 22/12°, 22/30°, 30/22° und 30/12°.

4. Die Belichtung.

Zur Belichtung wurde stets künstliches Licht verwendet. Als Lichtquellen dienten Osram-Azo-Lampen mit 200, 300 und 750 Watt, die über den Keimapparaten in beliebigen Abständen von den Versuchsschalen aufgehängt werden konnten. Um eine Temperaturerhöhung des Thermostaten während der Belichtung zu vermeiden, wurden die Wärmestrahlen durch Wasser absorbiert und die Lampen mit fließendem Wasser gekühlt (vgl. Rao, 1925). Es wurde immer nur mit bekannten Beleuchtungsstärken gearbeitet, die in Hefner-Meterkerzen (MK) bei den einzelnen Versuchen und Tabellen an-

gegeben sind. Photometriert wurde mit dem Weberschen Photometer (auch hierüber siehe Einzelheiten in früheren Arbeiten, z. B. Rao, 1925).

Mit der Belichtung wurde im allgemeinen 24 Stunden nach dem Einlegen der Karyopsen begonnen. Nur bei Untersuchungen über die optimale Dauer des vorangehenden Dunkelaufenthaltes wurde hiervon abgewichen und nach verschiedenen Zeiten belichtet. Zu Beginn der Belichtung wurden die Dunkelstürze von den Keimschalen abgenommen und nachher sofort wieder aufgesetzt. Bei TW-Versuchen wurde die Belichtung bei der Temperatur vorgenommen, bei der die Versuche sich die längere Zeit des Tages (20 Stunden) befanden, bei TW 12/30° also z. B. im 12°-Thermostaten.

5. Die Versuche.

Zu jedem einzelnen Versuch wurden im allgemeinen 2 × 100 Körner verwendet, die mit einem selbstgebauten Diaphanoskop bei Lupenvergrößerung und durchfallendem Licht ausgelesen worden waren. Bei einigen Versuchen, in denen genauere Durchschnittswerte erwünscht waren, wurden 4 × 100 Körner eingekeimt. In Ausnahmefällen, wo das Material knapp war, kamen nur je 2 × 50 Karyopsen ins Keimbett.

Für die Versuche mit entspelzten Körnern wurde die Entspelzung so vorgenommen, daß durch leichtes Reiben der bespelzten Früchte der feste Zusammenhalt der Spelzen zunächst etwas gelockert und darauf die Spelzen mit Hilfe der Pinzette entfernt wurden. Kontrollversuche zeigten, daß das Keimverhalten der entspelzten Körner auch dann dasselbe war, wenn die Spelzen nur mit der Pinzette abpräpariert worden waren.

Die Versuche wurden 3 Wochen nach Beginn der Belichtung ausgezählt, da sich herausgestellt hatte, daß nach dieser Zeit eine Änderung der Ergebnisse nicht mehr erfolgte, sondern im Gegenteil die Keimung in den meisten Fällen schon früher zu Ende war.

In der folgenden Darstellung sind die Versuchsergebnisse zum Teil in Tabellen, zum Teil in Kurvenform dargestellt. Aus Gründen der Raumersparnis wurden nur in einigen Fällen die in den einzelnen Schalen erhaltenen Keimprozente mitgeteilt, sondern meist nur die Durchschnittswerte wiedergegeben. Jedoch waren die Abweichungen der Einzelwerte voneinander, wie auch aus den betreffenden Tabellen hervorgeht, fast durchweg gering und stets innerhalb der

zulässigen Grenzen. Aus dem gleichen Grunde wurde auch darauf verzichtet, die Ergebnisse von allen ausgeführten Versuchen wiederzugeben. Es konnte jeweils nur eine beschränkte Anzahl mitgeteilt werden.

6. Das Karyopsenmaterial.

Die zu den Versuchen verwendeten Körnerproben wurden bis auf zwei, die von der Firma C. Appel in Darmstadt und von der Firma Haage & Schmidt in Erfurt stammen, von mir selbst gesammelt. Die Angaben über Erntezeit und Herkunft finden sich nachfolgend.

Art und Nummer	Datum der Ernte	Herkunft
Poa nemoralis 17	10. VII. 29	Botanischer Garten Hohenheim,
„ „ 26	20. VII. 29	„ „ „ ,
„ „ 45	16. VII. 30	„ „ Tübingen,
„ „ 48	22. VII. 30	„ „ Hohenheim (System),
„ „ 49	22. VII. 30	„ „ „ (Arboretum).
Poa pratensis 36	25. VII. 29	Hechingen, Hofgarten,
„ „ 47	21. VII. 30	„ , früherer Viehmarkt,
„ „ 62	Sommer 31	von Firma C. Appel, Darmstadt,
„ „ 63	„ 30	„ „ Haage & Schmidt, Erfurt.
Poa palustris 25	20. VII. 29	Botanischer Garten Hohenheim,
„ „ 54	22. VII. 30	„ „ „ (System).
Poa compressa 50	22. VII. 30	Botanischer Garten Hohenheim (System),
„ „ 51	22. VII. 30	„ „ „ (Arboretum, Steinmauer).

Herrn Professor Dr. Schröder bin ich für die bereitwillig erteilte Erlaubnis, Gramineenfrüchte im Botanischen Garten Hohenheim zu ernten, zu großem Dank verpflichtet.

Abschnitt II.

Poa nemoralis.

A. Die Keimungstemperatur.

a) Seitherige Untersuchungen.

1. Konstante Temperaturen.

Über die für die Keimung von *Poa nemoralis* optimale konstante Temperatur sind in der Literatur nur wenige Angaben zu finden. Die Mehrzahl der mit dieser Art gemachten Keimversuche wurde lediglich bei Temperaturen innerhalb des Bereiches von 20^0 und 30^0 C

ausgeführt. Nur Cieslar und Gassner verwendeten auch niedere Temperaturen. Während aber Cieslar (1883), der bei verschiedenen Temperaturen zwischen 8° und 24° C Versuche anstellte, bessere Keimfähigkeit bei höheren Temperaturen (20° bis 24° C) erhielt, zeigte sich bei Gassner (1930) ein umgekehrtes Verhalten.

Er weist darauf hin, daß für *P. nemoralis* niedrige Temperaturen für die Keimung besonders günstig sind. Die höchste Keimfähigkeit erhielt er bei 12° C, während alle anderen untersuchten niederen und höheren Temperaturen zwischen 1° und 33° C weniger oder nur geringe Keimprozente ergaben. Damit war ein bei der Keimung von *Poa*-Körnern bisher kaum berücksichtigter Temperaturgrad als Keimungsoptimum festgestellt worden. Vollständige Keimung kann jedoch nach Gassner bei keiner konstanten Temperatur, auch bei 12° C nicht, erzielt werden.

2. Wechselnde Temperaturen.

Der fördernde Einfluß wechselnder Temperaturen auf die Keimung von *Poa nemoralis* ist schon längere Zeit bekannt.

1892 machte Burchard, der bessere Keimungsbedingungen bei Temperaturwechsel als bei konstanter Temperatur gefunden hatte, hierüber Mitteilung. Weitere diesbezügliche Angaben finden sich erst wieder sehr viel später, so bei Hite (1923), Hopkins (1923) und Kleine (1924). Jedoch ist nach Letzterem bei *P. nemoralis* die Förderung bedeutend geringer als bei *P. pratensis*, *P. compressa* und *P. palustris*.

Die Kurven von Nelson (1927) zeigen ebenfalls bei TW 20—23/35—37° eine bessere Keimfähigkeit als bei KT 25° C (s. auch Lehmann und Aichele, 1931, S. 447—450).

Alle diese Angaben stellen jedoch nur ganz allgemein die Tatsache fest, daß die Keimung von *P. nemoralis* bei intermittierenden Temperaturen besser verläuft als bei konstanten Temperaturen. Es war nun die Frage, welche Temperaturkombination als optimal zu bezeichnen ist.

Für *P. pratensis* hatte, wie in der Einleitung schon angedeutet wurde und Seite 367 des Näheren auseinandergesetzt wird, schon Vanha (1898) in eingehenden Untersuchungen bestimmte Gesetzmäßigkeiten gefunden. Nach Gassner (1930) ergibt sich bei täglicher Intermission die günstigste Keimungstemperatur für *P. nemoralis* dann, wenn die Körner 20 Stunden bei der niederen Temperatur 12° C belassen und 4 Stunden auf eine höhere Temperatur zwischen 19° und 33° C gebracht werden.

b) Eigene Versuche.

1. Keimung bei konstanten Temperaturen.

Die Keimversuche bei konstanten Temperaturen ergaben, daß *P. nemoralis* u. U. sehr wohl bei diesen zu keimen vermag. Dabei zeigte sich in Übereinstimmung mit den Versuchen Gassners (1930), daß niedere Temperaturen für die Keimung wesentlich günstiger sind als höhere. So keimten z. B. in einem Dunkelversuch bei KT 12° C 26,5 %, bei KT 22° nur 10,5 % (Tabelle 1).

Tabelle 1.

Poa nemoralis 45.

Keimung bei konstanten Temperaturen im Dunkeln.

26. I. 31.

Temperatur	Keimfähigkeit		
	a	b	Mittel in %
12° C	27	26	**26,5**
22° C	12	9	**10,5**

Noch weniger günstig als KT 22° C für die Keimung von *P. nemoralis* ist KT 30° C. Dies geht aus den in Tabelle 2 mitgeteilten Versuchen deutlich hervor. Während sich in Vers. A KT 12° C mit 17 Keimprozenten wiederum als am vorteilhaftesten erweist, treten bei KT 30° überhaupt keine Keimungen auf. Bei 22° C ist ebenfalls nur eine geringe Keimfähigkeit zu beobachten.

Die gleichen Verhältnisse zeigt Versuch B. Die absoluten Keimprozente liegen infolge des inzwischen veränderten Nachreifezustandes höher. Die Keimfähigkeit nimmt jedoch auch hier mit steigender Temperatur ab. Während bei KT 22° immerhin 11 % keimen, beträgt die Keimfähigkeit bei KT 30° nur 1,5 %. Weit überlegen ist aber auch hier wieder die niedere Temperatur 12° C.

Tabelle 2.

Poa nemoralis 45.

Keimung bei konstanten Temperaturen im Dunkeln.

Versuch A: 4. I. 31. Versuch B: 24. III. 31.

Temperatur	Keimfähigkeit					
	Versuch A			Versuch B		
	a	b	Mittel in %	a	b	Mittel in %
12° C	17	17	**17,0**	36	39	**37,5**
22° C	2	2	**2,0**	11	11	**11,0**
30° C	0	0	**0,0**	1	2	**1,5**

Gleiche Untersuchungen wurden auch für frisch entspelzte Körner angestellt. Für sie gelten dieselben Gesetzmäßigkeiten in bezug auf die Keimung bei den verschiedenen konstanten Tem-

peraturen. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse von drei solchen Versuchen dargestellt.

Tabelle 3.

Poa nemoralis 45.

Keimung entspelzter Körner bei konstanten Temperaturen im Dunkeln.

Versuch A: 3. IX. 30. Versuch B: 7. X. 30. Versuch C: 6. XI. 30.

Temperatur	Keimfähigkeit in %		
	Vers. A	Vers. B	Vers. C
12° C	70,5	69,5	80,0
22° C	23,0	24,0	35,0
30° C	0,5	0,5	4,0

Noch deutlicher als bei den bespelzten Körnern kommt hier zum Ausdruck, daß *P. nemoralis* zur Keimung niedere Temperaturen bevorzugt. In allen drei Versuchen wird bei KT 12° mit 70—80 % eine hohe Keimfähigkeit erreicht. Dagegen wirkt KT 30° sehr stark keimungshemmend, so daß bei dieser Temperatur nur wenige Keimprozente erzielt werden. Eine Zwischenstellung nimmt wiederum KT 22° C ein.

Daß die Versuche mit Belichtung zu demselben Ergebnis führten, wird durch die in Tabelle 4 wiedergegebenen Resultate von drei Versuchen belegt. Bei Belichtung mit einer Lichtmenge von 72000 MKStd. keimten z. B. in Versuch A bei KT 12° C 89 %, bei KT 22° C 45 % und bei KT 30° C nur 23,5 %.

Tabelle 4.

Poa nemoralis 45.

Keimung bei konstanten Temperaturen mit Belichtung.

1500 MK × 48 Stunden.

Versuch A: 3. IX. 30. Versuch B; 6. XI. 30. Versuch C: 4. I. 31.

Temperatur	Keimfähigkeit in %		
	Vers. A	Vers. B	Vers. C
12° C	89,0	89,0	94,5
22° C	45,0	62,5	81,5
30° C	23,5	60,0	74,0

Die Versuche B und C, die zeitlich später angesetzt wurden, zeigen ebenfalls mit steigender Temperatur abnehmende Keimprozente, wenn auch die Unterschiede infolge der fortschreitenden Nachreife immer geringer werden. Aus den Versuchen geht hervor, daß entgegen den Angaben Gassners auch bei konstanter Temperatur eine hohe, bis zu 100proz. Keimfähigkeit erreicht werden kann.

Die Keimung entspelzter Körner im Licht zeigte ebenfalls dieselben Verhältnisse. Es keimten z. B. in einem am 19. VII. 30 begonnenen Versuch bei KT 22° C 50,0 %, bei KT 30° C dagegen 0 %. Die Keimprozente bei KT 12° waren infolge der Entspelzung schon kurz nach der Ernte sehr hoch und betrugen durchschnittlich mehr als 90 %.

2. Keimung bei wechselnden Temperaturen.

Die Versuche über die Keimungsverhältnisse bei regelmäßig intermittierenden Temperaturen ergaben je nach den Temperaturkombinationen verschiedene Keimprozente.

Wie in Abschnitt I mitgeteilt wurde, kamen in diesen Versuchen alle zwischen den Temperaturen 12°, 22° und 30° C möglichen Temperaturwechselformen zur Anwendung, wobei jeweils einmal die höhere, das andere Mal die niedere Temperatur die längere Zeit des Tages einwirkte.

In Tabelle 5 ist das Ergebnis eines bei diesen verschiedenen wechselnden und den zugehörigen konstanten Temperaturen im Dunkeln ausgeführten Versuches dargestellt.

Tabelle 5.

Poa nemoralis 45.

Keimung bei wechselnden Temperaturen im Dunkeln.

1. X. 30.

Keimfähigkeit in %								
12°	12/22°	12/30°	22°	22/12°	22/30°	30°	30/22°	30/12°
2,5	60,0	85,5	0,0	2,0	0,5	0,0	0,0	0,0

Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind die bei den konstanten Temperaturen erhaltenen Keimprozente sehr gering (2,5 % bei KT 12°) oder gleich Null (bei KT 22° u. 30°). Eine sehr starke Förderung erfährt die Keimung jedoch, wenn die optimale KT 12° C mit den beiden höheren Temperaturen kombiniert wird. So keimen

bei TW 12/22° (täglich 20 Stunden 12° und 4 Stunden 22° C) 60 %, bei TW 12/30° sogar 85,5 % der Körner. Dagegen vermag die umgekehrte Anwendung dieser Temperaturkombinationen, TW 30/12° und TW 22/12°, bei denen die höhere Temperatur längere Zeit einwirkt, in diesem Versuch keine oder nur schwache Keimung auszulösen. Dasselbe gilt für TW 22/30° und 30/22°.

In Tabelle 6 sind zwei weitere Dunkelversuche mit bespelzten Körnern wiedergegeben.

Tabelle 6.

Poa nemoralis 45.

Keimung bei intermittierenden Temperaturen im Dunkeln.

Versuch A: 6. XI. 30. Versuch B: 4. I. 31.

	Keimfähigkeit in %								
	12°	12/22°	12/30°	22°	22/12°	22/30°	30°	30/22°	30/12°
A	6,0	67,5	89,5	0,0	2,0	1,5	0,0	0,0	2,0
B	17,0	84,5	96,5	2,0	14,5	20,5	0,0	0,0	1,5

Auch in diesen Versuchen zeigt sich ein außerordentlich günstiger Einfluß auf die Keimung dann, wenn die Keimungstemperatur von 12° C täglich einige Stunden erhöht wird. Die Intermission 12/30° ist in allen Fällen (s. auch Tabelle 5) stärker keimungsfördernd als TW 12/22°. Diese Feststellung steht im Gegensatz zu den Angaben Gassners (1930), nach dem alle Temperaturen zwischen 19° und 33° C maximale Keimprozente ergeben, wenn sie in Kombination mit 12° C 4 Stunden täglich zur Anwendung gelangen.

Bei umgekehrter Temperaturkombination, TW 30/12° und 22/12°, wird nur eine schwache Förderung gegenüber KT 30° und KT 22° erreicht, während die Keimfähigkeit hinter der bei KT 12° zurückbleibt. Hiermit werden die Feststellungen von Vanha und Gassner bestätigt, daß alle Temperaturkombinationen dann günstiger wirken, wenn die niedere Temperatur die längere Zeit des Tages zur Anwendung kommt.

Dies zeigt außer den mit 12° C kombinierten Temperaturwechselformen auch ein Vergleich der bei TW 22/30° und 30/22° erhaltenen Keimprozente. Es keimten (Tab. 6, Vers. B) im ersteren Falle 20,5 %, bei der umgekehrten Temperaturkombination 30/22° dagegen 0 %. (Vgl. hierzu außerdem Tab. 7 u. 8.)

Für entspelzte Körner war ebenfalls in einer Reihe von Versuchen eine bedeutend bessere Keimfähigkeit bei Temperaturwechsel und die besonders vorteilhafte Wirkung von TW 12/22° und 12/30° festzustellen.

Tabelle 7.

Poa nemoralis 45.

Keimung entspelzter Körner bei intermittierenden Temperaturen im Dunkeln.

Versuch A: 1. X. 30. Versuch B: 4. I. 31.

	Keimfähigkeit in %								
	12°	12/22°	12/30°	22°	22/12°	22/30°	30°	30/22°	30/12°
A	83,0	98,5	99,0	22,5	44,0	44,5	0,5	3,5	4,0
B	93,5	99,0	99,0	55,0	78,5	68,5	0,0	0,0	1,5

Als Beispiel seien in Tabelle 7 die Ergebnisse von zwei Versuchen mitgeteilt. Da in beiden Versuchen schon bei KT 12° sehr hohe Keimprozente auftraten, genügte TW 12/22°, um fast 100proz. Keimung zu erreichen. Sehr mangelhaft keimten auch hier die Karyopsen bei TW 30/22° und 30/12°, wenn auch eine schwache Förderung im Vergleich zu KT 30° zu beobachten ist.

Die Temperaturwechselversuche mit Belichtung führten prinzipiell zu denselben Ergebnissen. Die Differenzen zwischen den bei Temperaturwechsel und bei den konstanten Temperaturen erhaltenen Keimprozenten sind hier nicht mehr so groß (Tabelle 8, Vers. A u. B). Die höchsten Keimprozente waren wiederum bei TW 12/22° und 12/30° zu beobachten.

Tabelle 8.

Poa nemoralis 45.

Keimung bei intermittierenden Temperaturen und Belichtung.

1500 MK × 48 Stunden.

Versuch A: 1. X. 30. Versuch B: 4. I. 31.

	Keimfähigkeit in %								
	12°	12/22°	12/30°	22°	22/12°	22/30°	30°	30/22°	30/12°
A	93,0	95,5	97,5	54,5	67,5	70,0	32,0	42,0	57,5
B	94,5	97,0	100,0	81,5	97,5	98,0	74,0	78,5	90,0

Bei den mit entspelzten Körnern unter Belichtung ausgeführten Versuchen ergaben sich nur ganz unwesentliche Unterschiede zwischen den unter den verschiedenen Temperaturbedingungen erzielten Keimprozenten, da durch die Entspelzung die Keimfähigkeit so stark gefördert wird, daß bei allen, auch bei den konstanten Temperaturen, fast volles Keimprozent erreicht wurde.

B. Das Licht.

a) Seitherige Untersuchungen.

Zwei Jahre, nachdem die von Beobachtungen an *Poa pratensis* ausgegangenen Erörterungen über die Frage der Lichtwirkung auf die Keimung von Gramineen ihren Anfang genommen hatten (s. auch S. 369), wurden auch schon Untersuchungen an *Poa nemoralis* (Stebler, 1881) in diese oft leidenschaftliche Debatte über das Lichtkeimungsproblem mit hineingezogen (vgl. Lehmann und Aichele, 1931, S. 432—434).

Mit Recht wird darauf hingewiesen, daß aus diesen älteren Untersuchungen (Stebler, 1881; Cieslar, 1883) nicht ohne weiteres auf einen Einfluß des Lichtes auf die Keimung geschlossen werden kann, da den Temperaturverhältnissen nicht die nötige Beachtung geschenkt worden war.

Jönsson (1893) aber fand auch dann höhere Keimprozente, wenn unter Ausschluß der Wärmestrahlen die Versuche nur kurze Zeit ($^1/_2$ Stunde) täglich dem Lichte ausgesetzt waren, eine wesentliche Erhöhung der Temperatur also kaum stattgefunden haben dürfte (Tabelle s. bei Lehmann und Aichele, 1931, S. 447).

Ebenso konnte Nelson (1927) eine Erhöhung der Keimfähigkeit durch Belichtung bei konstanter Temperatur erhalten, wogegen bei Temperaturwechsel die Keimung im Licht und im Dunkeln gleich gut verlief. Auch in der Keimgeschwindigkeit machte sich nach Nelson ein Einfluß des Lichtes nicht bemerkbar (Nelsons Kurven s. bei Lehmann und Aichele, 1931, S. 448).

Gassner (1930) gibt das Resultat seiner mit *Poa nemoralis* bezügl. der Lichtwirkung angestellten Versuche nicht wieder; er teilt jedoch mit, daß das Verhalten dieser Art mit den bei *P. pratensis* erhaltenen und in seiner Tabelle 1 (S. 772) dargestellten Ergebnissen übereinstimme. Hiernach wäre ein fördernder Einfluß des Lichtes auch auf die Keimung von *P. nemoralis* nicht vorhanden, eher sogar eine schwache Verzögerung der Keimung zu beobachten.

b) Eigene Versuche.

1. Versuche bei 48stündiger Belichtung mit 1500 MK.

α) Bei konstanten Temperaturen.

Nachdem ein Vorversuch am Fenster des Laboratoriums das Vorhandensein eines Lichteinflusses auf die Keimung von *Poa nemoralis* wahrscheinlich gemacht hatte, wurden alle folgenden Versuche bei genau kontrollierten konstanten und wechselnden Temperaturen durchgeführt. Die Belichtung geschah unter Ausschluß der Wärmestrahlen auf die in Abschnitt I geschilderte Weise.

Ein am 7. VIII. 30 begonnener, dauernd bei KT 22° C gehaltener Versuch ergab gleichfalls höhere Keimprozente bei den belichteten Körnern (Tabelle 9). Von den bespelzten keimten bei Belichtung 25 %, wogegen im Dunkeln überhaupt keine Keimungen auftraten.

Tabelle 9.

Poa nemoralis 45.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 22° C. 7. VIII. 30

	Keimfähigkeit in %					
	mit Spelzen			ohne Spelzen		
	a	b	Mittel in %	a	b	Mittel in %
dunkel	0	0	**0,0**	4	2	**3,0**
belichtet . . .	24	26	**25,0**	92	95	**93,5**

Noch größer ist diese Differenz (3 % : 93,5 %) bei den entspelzten Körnern. In den Zahlen der Tabelle kommt außerdem deutlich der keimungsfördernde Einfluß der Entspelzung zum Ausdruck. So keimen in der belichteten Versuchsreihe 93,5 % von den entspelzten und 25 % von den bespelzten Körnern.

Bei der für die Keimung von *P. nemoralis* ungünstigen KT 30° C konnten durch Belichtung erhebliche Keimprozente erzielt werden. In dem in Tabelle 10 mitgeteilten Versuch keimten die bespelzten Karyopsen im Dunkeln, wie zu erwarten, überhaupt nicht, während durch die Belichtung 23,5 % zum Keimen gebracht wurden.

Tabelle 10

Poa nemoralis 45.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 30° C. 11. IX. 30.

	Keimfähigkeit in %					
	mit Spelzen			ohne Spelzen		
	a	b	Mittel in %	a	b	Mittel in %
dunkel	0	0	**0,0**	0	1	**0,5**
belichtet . . .	23	24	**23,5**	84	87	**85,5**

Bei den entspelzten Körnern, von denen im Dunkeln 0,5 %, im belichteten Versuch dagegen 85,5 % keimten, ist die Wirkung des Lichtes bedeutend stärker. Die Lichtempfindlichkeit wird durch die Entspelzung gesteigert.

Waren in den bisher mitgeteilten Versuchen vor allem die entspelzten Körner besonders stark lichtgefördert, so zeigt der in Tabelle 11 dargestellte, bei der optimalen KT 12° C ausgeführte Versuch, daß auch bespelzte Karyopsen von *Poa nemoralis* in hohem Maße auf Belichtung zu reagieren vermögen.

Die Keimfähigkeit im Dunkeln war in diesem Versuch sehr gering. Sie betrug nur 0,5 %. Durch die 48stündige Belichtung mit 1500 MK wurde sie um rund 90 % erhöht.

Tabelle 11.

Poa nemoralis 44.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 12° C. 26. VIII. 30.

	Keimfähigkeit in %					
	mit Spelzen			ohne Spelzen		
	a	b	Mittel in %	a	b	Mittel in %
dunkel	0	1	**0,5**	75	66	**70,5**
belichtet . . .	84	94	**89,0**	96	97	**96,5**

Bei den entspelzten Körnern macht sich infolge der durch die Entspelzung verursachten höheren Dunkelkeimfähigkeit die Lichtwirkung nicht mehr so stark bemerkbar. Immerhin bleibt auch hier die Keimung im Dunkeln hinter der bei Belichtung zurück.

In Tabelle 12 sind die Resultate von einigen weiteren Versuchen, die ebenfalls bei konstanten Temperaturen ausgeführt wurden, wiedergegeben. Alle Versuche zeigen eine im Vergleich zu den Dunkelkontrollen zum Teil überaus starke Erhöhung der Keimfähigkeit durch das Licht. Dieser keimungsfördernde Einfluß des Lichtes ist bei allen untersuchten konstanten Temperaturen zu beobachten. Über die Ursache für die bei derselben Temperatur und der gleichen Lichtmenge erzielten verschieden hohen Keimprozente wird weiter unten (S. 355, Lichtwirkung und Nachreife) die Rede sein.

Tabelle 12.

Poa nemoralis 45.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 12°, 22° und 30° C.

Versuch A: 7. VIII. 30; B: 25. VIII. 30; C: 3. IX. 30; D: 14. X. 30; E: 6. XI. 30; F: 4. I. 31.

	Keimfähigkeit in %		Versuch
	dunkel	belichtet	
1. mit Spelzen:			
KT 12°	2,5	93,0	B
	6,0	89,0	E
KT 22°	0,0	26,0	A
	0,0	25,5	A
	0,0	45,0	C
	0,0	62,5	E
KT 30°	0,0	32,0	D
	0,0	60,0	E
	0,0	74,0	F
2. ohne Spelzen:			
KT 12°	83,0	97,0	A
	80,0	98,5	E
KT 22°	2,5	95,5	A
	4,5	91,0	A
	23,0	100,0	C
	35,0	94,0	E
KT 30°	0,0	93,5	D
	4,0	96,0	E

Am lichtempfindlichsten sind die Körner bei KT 12° C. Obwohl ihre Keimfähigkeit im Dunkeln sehr gering ist, befinden sie sich doch in einem Zustand der Keimungsbereitschaft und reagieren in hohem Maße auf die Belichtung, ohne welche die Keimung der bespelzten Karyopsen in diesen Versuchen überhaupt nicht oder nur schwach erfolgt. So keimten z. B. bei KT 12° im Dunkeln 2,5 bezw. 6 % der Körner. Es bedurfte jedoch nur der Einwirkung des Lichtes, um die Keimfähigkeit auf etwa 90 % ansteigen zu lassen.

Ein Vergleich zwischen den bei KT 12°, 22° und 30° C erhaltenen Keimprozenten läßt deutlich erkennen, daß die Lichtempfindlichkeit der Karyopsen bei 12° C größer ist als bei den übrigen Temperaturen.

In einem am 1. IX. 30 begonnenen Versuch, dessen Ergebnis Tabelle 13 zeigt, trat bei allen drei konstanten Temperaturen im Dunkeln keine Keimung auf. Belichtung mit jeweils genau derselben Lichtmenge ergab bei KT 12° eine Keimfähigkeit von 84 %, bei KT 22° von 40 % und bei KT 30° von nur 23,5 %.

Tabelle 13.

Poa nemoralis 45.

Einfluß des Lichtes bei KT 12°, 22° und 30° C.

1500 MK × 48 Stunden. 1. IX. 30.

	Keimfähigkeit in %		
	KT 12°	KT 22°	KT 30°
dunkel	0,0	0,0	0,0
belichtet . . .	84,0	40,0	23,5

In später angesetzten Versuchen wurde durch dieselbe Lichtmenge aber auch bei den ungünstigen höheren Temperaturen beträchtliche Keimfähigkeit erzielt. Und gerade in diesen Versuchen kommt der große keimungsfördernde Einfluß des Lichtes voll zur Geltung, so, wenn z. B. (Tabelle 12, Vers. F) bei KT 30° im Dunkeln 0 %, bei Belichtung jedoch 74 % keimten.

Eine weitere Feststellung, auf die Seite 338 schon hingewiesen wurde, ist den Zahlen der Tabelle 12 zu entnehmen. Der Einfluß des Lichtes auf entspelzte Körner ist ein viel größerer als auf Karyopsen, die mit den Spelzen ins Keimbett gebracht werden. So wird z. B. bei KT 22° (Vers. A) die Keimfähigkeit der bespelzten Körner von 0 % auf 26 % erhöht; bei den entspelzten steigen die Keimprozente um ein Beträchtliches mehr, nämlich von 2,5 % auf 95,5 %.

Noch klarer kommen diese Verhältnisse bei KT 30° (Vers. D) zum Ausdruck, wo die Keimfähigkeit der bespelzten und entspelzten Körner im Dunkeln 0 % beträgt, in der belichteten Versuchsreihe jedoch große Unterschiede aufweist. Die gleiche Lichtmenge bewirkt bei den bespelzten Karyopsen 32 %, bei den spelzenlosen Körnern dagegen 93,5 % Keimungen.

Der Einfluß der Entspelzung kommt demnach bei wenig nachgereiften Körnern, die im Dunkeln nicht oder nur schwach zu keimen vermögen, in einer größeren Keimungsbereitschaft zum Ausdruck. Dieselbe Lichtmenge vermag von den entspelzten mehr zur Keimung zu bringen als von den bespelzten Körnern.

β) Versuche bei intermittierenden Temperaturen.

Wie oben (S. 333) gezeigt wurde, kann durch intermittierende Temperaturen die Keimung von *Poa nemoralis* bedeutend gefördert werden.

Es war nun die Frage, ob sich der Einfluß des Lichtes, ebenso wie bei konstanten Temperaturen, auch dann bemerkbar macht, wenn die Versuche bei Temperaturwechsel ausgeführt werden. Aus vorliegenden Literaturangaben [vgl. Kleine (1924) und Nelson (1927), die eine Förderung nur bei konstanten Temperaturen gefunden hatten], konnte auf ein Ausbleiben der Lichtwirkung unter diesen Versuchsbedingungen geschlossen werden.

Sämtliche Versuche, von denen nur ein Teil in diesem Abschnitt wiedergegeben ist, ergaben jedoch bei Belichtung stets höhere Keimprozente als im Dunkeln. Zunächst sei das Verhalten der bespelzten Karyopsen besprochen.

Für TW 12/22° und 12/30° sind die Ergebnisse von je drei Versuchen in Tabelle 14 zusammengefaßt. Da bei TW 12/30°, der für *P. nemoralis* optimalen Keimungstemperatur, schon im Dunkeln sehr hohe Keimprozente erzielt werden, kommt die Lichtwirkung in diesen Versuchen nur schwach zur Geltung. Dagegen kann sich der Einfluß des Lichtes bei TW 12/22°, wo die Dunkelkeimprozente noch nicht so hoch sind, voll auswirken. Es wird durch Belichtung fast 100 proz. Keimung ausgelöst, während die Keimfähigkeit im Dunkeln je nach dem Nachreifezustand der Körner nur 20,5—67,5 % beträgt.

Tabelle 14.

Poa nemoralis 45.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. TW 12/22° und 12/30°.
Versuch A: 26. VIII. 30; B: 25. IX. 30; C: 6. XI. 30.

	Keimfähigkeit in %		Versuch
	dunkel	belichtet	
TW 12/22° . .	20,5	98,0	A
	60,0	95,5	B
	67,5	92,0	C
TW 12/30° . .	94,0	98,0	A
	85,5	97,5	B
	89,5	93,5	C

Noch deutlicher ist die günstige Wirkung des Lichtes bei den übrigen Temperaturwechselformen zu erkennen (Tabelle 15 und 16). Da sie für die Keimung weniger günstig sind, ergeben sich für die Dunkelkeimungen in diesen Versuchen jeweils nur sehr geringe Keimprozente. Um so größer ist der prozentuale Anstieg der Keimfähigkeit infolge Belichtung. So treten (Tab. 15) Steigerungen der Keimprozente bei TW 22/30° von 0,5 auf 70 % und bei 22/12° von 2 auf 67,5 % auf (Vers. B).

Tabelle 15.

Poa nemoralis 45.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. TW 22/30° und 22/12°.

Versuch A: 3. IX. 30; B: 1. X. 30.

	Keimfähigkeit in %		Versuch
	dunkel	belichtet	
TW 22/30° . .	3,0	22,5	A
	0,5	70,0	B
TW 22/12° . .	0,5	69,0	A
	2,0	67,5	B

Ähnliche Verhältnisse zeigen die bei TW 30/22° und 30/12° ausgeführten Versuche. In allen in Tabelle 16 mitgeteilten Fällen erfolgten im Dunkeln keine oder sehr wenige Keimungen. Unter dem Einfluß des Lichtes wird jedoch eine beträchtliche, zum Teil sehr hohe Keimfähigkeit erzielt.

Tabelle 16.

Poa nemoralis 45.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. TW 30/22° und 30/12°.

Versuch A: 3. IX. 30; B: 1. X. 30; C: 6. XI. 30.

	Keimfähigkeit in %		Versuch
	dunkel	belichtet	
TW 30/22° . .	0,0	28,0	A
	0,0	42,0	B
	2,5	94,5	C
TW 30/12° . .	0,0	35,5	A
	0,0	57,5	B
	12,5	93,5	C

Es keimten z. B. bei TW 30/22° in Versuch C im Dunkeln 2,5 %, bei Belichtung 94,5 %; bei TW 30/12° sind die entsprechenden Zahlen 12,5 % bezw. 93,5 %.

Die Versuche mit entspelzten Körnern zeigten ebenfalls Lichtförderung auch bei Temperaturwechsel. In den Versuchen, die bei optimalen Temperaturkombinationen (TW 12/22° und 12/30°) und mit gut nachgereiften Karyopsen ausgeführt wurden, sind natürlich unter dem Einfluß der Entspelzung die Dunkelkeimprozente sehr hoch. Dagegen kommt bei ungünstigeren Temperaturen und vor allem bei nicht nachgereiften Körnern die Lichtwirkung voll zur Geltung.

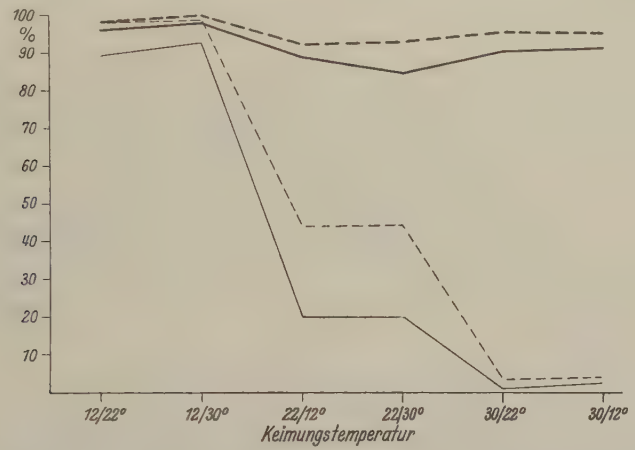

Fig. 1. *Poa nemoralis* 45. Einfluß des Lichtes auf die Keimung entspelzter Körner bei intermittierenden Temperaturen. 1500 MK × 48 Std. Vers. A: 3. IX. 30; B: 1. X. 30. ——— = Vers. A, belichtet; — — — = Vers. B, belichtet; ——— = Vers. A, dunkel; — — — = Vers. B, dunkel.

Wie Fig. 1 zeigt, ist die Wirkung des Lichtes desto deutlicher, je mehr sich die Keimungstemperatur vom Optimum entfernt. Bei TW 22/30° und 22/12° ist eine erhebliche Förderung zu verzeichnen, die bei TW 30/12° und 30/22° überaus stark wird. Keimten hier im Dunkeln nur sehr wenige (1 –4 %) der Körner, so wurde durch Belichtung eine mehr als 90 proz. Keimfähigkeit erreicht.

Auch diese bei Temperaturwechsel ausgeführten Versuche gestatten uns die Feststellung, die oben (S. 340) bei den konstanten Temperaturen schon gemacht wurde, daß der Einfluß des Lichtes durch die Entspelzung noch gesteigert wird. Ein Vergleich der z. B. bei TW 30/22° und 30/12° ausgeführten mit den gleichzeitig

angestellten Versuchen A und B der Tabelle 16 läßt die stärkere Wirksamkeit des Lichtes auf entspelzte Körner deutlich erkennen.

2. Vergleich zwischen der Wirkung des Temperaturwechsels und des Lichtes.

Die im Vorhergehenden mitgeteilten Versuche ließen erkennen, daß das Licht für die Keimung von *Poa nemoralis* von nicht geringer Bedeutung ist. Nach den bisher in der Literatur vorliegenden Angaben schien jedoch dem Lichte, wenn überhaupt, so doch eine im Vergleich zur Wirkung des Temperaturwechsels untergeordnete Rolle zuzukommen (z. B. Pickholz, 1911; Nelson, 1927; Gassner, 1930).

Tabelle 17.

Poa nemoralis 45.

Vergleich zwischen der Wirkung von Licht und Temperaturwechsel.

1500 MK × 48 Stunden; bespelzte Körner.

Versuch A: 25. IX. 30; B: 6. XI. 30; C: 6. I. 31.

Keimfähigkeit in %				Versuch
KT 12° dunkel	KT 12° belichtet	TW 12/22° dunkel	TW 12/30° dunkel	
2,5	93,0	60,0	85,5	A
6,0	89,0	67,5	89,5	B
17,0	94,5	84,5	96,5	C

Ein Vergleich der bei KT 12° einerseits im Dunkeln, andererseits bei Belichtung und der bei TW 12/22° und 12/30° erhaltenen Keimprozente ergibt jedoch, daß sicher in manchen Fällen das Licht einen größeren oder mindestens gleichen Einfluß auf die Keimung dieser *Poa*-Körner auszuüben vermag wie der Temperaturwechsel. Tabelle 17 zeigt die Ergebnisse von drei Versuchen, in denen eine Prüfung der Keimfähigkeit bei KT 12° im Dunkeln und bei Belichtung, sowie bei TW 12/22° und 12/30° im Dunkeln vorgenommen wurde. Belichtet wurde auch hier mit 1500 MK × 48 Stunden. Da nach den Untersuchungen Vanhas und Gassners und nach den Ergebnissen meiner eigenen Versuche TW 12/30° die optimale Keimungstemperatur für *P. nemoralis* darstellt, so kann aus der im Vergleich zur Keimung bei KT 12° C im Dunkeln einerseits durch Belichtung, andererseits durch Temperatur-

wechsel erzielten Erhöhung der Keimfähigkeit auf die Wirksamkeit des Lichtes und des Temperaturwechsels geschlossen werden.

In Tabelle 17 übertrifft in Versuch A die Wirkung des Lichtes diejenige von TW 12/30°. Die Keimfähigkeit steigt unter dem Einfluß des Lichtes von 2,5 % auf 93 %, als Folge der intermittierenden Temperatur dagegen nur auf 85,5 %. In Versuch B und C ist die durch Belichtung und TW 12/30° bewirkte Erhöhung der Keimprozente ungefähr gleich stark. In Versuch B erfahren sie eine Steigerung von 6 % auf 89 % bezw. 89,5 %, in Versuch C von 17 % auf 94,5 % bezw. 96,5 %. In allen Versuchen aber ist der Einfluß des Lichtes auf die Keimung sehr viel höher als der von TW 12/22°. Dieser der Wirkung des Temperaturwechsels gleichkommende oder sie sogar noch übertreffende keimungsfördernde Einfluß des Lichtes könnte im vorliegenden Fall durch Belichtung mit größeren Intensitäten bezw. Lichtmengen noch eine Verschiebung zugunsten der Lichtwirkung erfahren, während eine Änderung der Temperaturwechselform wohl kaum eine wesentliche Steigerung der Keimfähigkeit nach sich ziehen würde.

Wir können somit feststellen, daß dem Lichte für die Keimung von *Poa nemoralis* u. U. eine größere oder dieselbe Bedeutung zukommt wie dem Temperaturwechsel.

3. Einfluß geringerer Lichtmengen auf die Keimung.

Die überaus starke Förderung der Keimung durch die in den oben besprochenen Versuchen angewandte 48stündige Belichtung mit 1500 MK machte es wahrscheinlich, daß auch bedeutend kleinere Lichtmengen noch einen Einfluß auf die Keimung von *Poa nemoralis* auszuüben vermögen.

Die nachfolgenden Untersuchungen hatten demnach den Zweck festzustellen, ob auch *P. nemoralis* zu den Arten mit hoch lichtempfindlichen Samen zu rechnen ist. Zunächst wurde bei derselben Beleuchtungsstärke von 1500 MK wie in den seitherigen Versuchen die Belichtungszeit variiert, so daß je 2 × 100 Körner 0, 1, 10, 16, 24, 32, 40 und 48 Stunden belichtet wurden. Es wurden bespelzte und entspelzte Körner verwendet. Die Versuchstemperatur war KT 22°C. Das Ergebnis des Versuches zeigte, daß auch schon bei kürzeren Belichtungszeiten ein deutlicher Einfluß auf die Keimung ausgeübt wird. Ohne Belichtung keimten von den bespelzten Körnern 0 %, von den entspelzten 2,5 %. Einstündige

Belichtung erhöhte die Keimprozente auf 15,5 % bei den bespelzten und 82,5 % bei den entspelzten Körnern.

Längere Belichtungsdauer ergab weiterhin, wenn auch weniger stark und regelmäßig, ansteigende Keimprozente. Die höhere Keimfähigkeit der entspelzten Körner war auch hier zu erkennen.

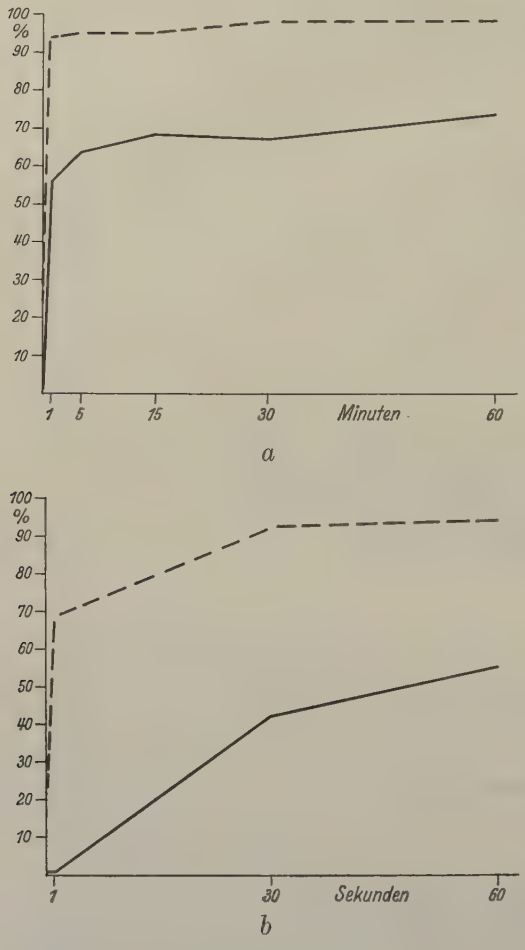

Fig. 2. Keimfähigkeit bei verschieden langer Belichtung mit 1500 MK bei KT 22° C. a) Von 1—60 Minuten; b) von 1—60 Sekunden. Abszisse: Dauer der Belichtung. Ordinate: Keimfähigkeit in %. ——— = bespelzte Körner; — — — = entspelzte Körner.

In einem 2 Monate später ausgeführten Versuch wurden bei derselben Beleuchtungsstärke die Zeiten zwischen 0 und 1 Stunde variiert. Wie das in Fig. 2 mitgeteilte Ergebnis zeigt, sind die Karyopsen innerhalb der seit dem ersten Versuche vergangenen 2 Monate lichtempfindlicher geworden. Schon durch 30 Sekunden lange Belichtung wird eine ganz erhebliche Erhöhung der Keimfähigkeit bewirkt. Von den bespelzten Körnern keimten hierbei 42,5 % gegenüber 0,5 % im Dunkeln. Mit zunehmender Belichtungsdauer steigen die Keimprozente weiterhin an. Bei 60 Sekunden z. B. sind es 56 %, bei 15 Minuten 68,5 % und bei einer Stunde 74 % Keimungen.

Die entspelzten Körner keimten wiederum insgesamt besser als die bespelzten. Die größere Lichtempfind-

lichkeit der ersteren zeigt sich in diesem Versuch darin, daß schon bei einer Belichtungsdauer von 1 Sekunde die Keimfähigkeit von 24 % im Dunkeln auf 69 % ansteigt, während diese Lichtmenge auf bespelzte Körner ohne Einfluß war. Auch hier geht der steigenden Belichtungsdauer eine Zunahme der Keimprozente parallel.

In diesem Versuch war die kleinste auf bespelzte Karyopsen noch keimungsfördernd wirkende Lichtmenge 45000 MKSek. Daß u. U. noch kleinere Lichtmengen die Keimung von *P. nemoralis* positiv zu beeinflussen vermögen, geht aus dem folgenden, fünf Monate später ausgeführten Versuch hervor, in welchem mit einer geringeren Beleuchtungsstärke wiederum verschieden lange belichtet wurde. Statt 1500 MK wurden 400 MK verwendet.

Wie aus Fig. 3 (S. 348) zu entnehmen ist, war schon bei der kürzesten in Betracht gezogenen Belichtungszeit von 2 Sekunden die Keimfähigkeit erheblich höher als in der Kontrolle. Bei Belichtung mit 800 MKSek. keimten 30,5 % gegenüber 11 % im Dunkeln. Bei 10 Sekunden langer Belichtung keimten schon 58 %, bei 60 Sekunden 84 %. Mit weiterhin zunehmender Belichtungsdauer steigen die Keimprozente zwar erheblich langsamer, aber dauernd an und erreichen bei 4stündiger Belichtung mit 96 % fast volles Keimprozent.

Da in diesem Versuch schon durch eine Lichtmenge von 800 MKSek. erhebliche Keimungsförderung bewirkt wird, in dem vorhergehenden jedoch die fast doppelt so hohe Lichtmenge von 1500 MKSek. keinen Einfluß auf die Keimung bespelzter Körner hatte, muß in der zwischen den beiden Versuchen liegenden Zeit eine weitere Empfindlichkeitssteigerung der Körner eingetreten sein. Auf diese Feststellung, die im Verlaufe der Untersuchungen immer wieder gemacht wurde, wird S. 335 unter „Lichtwirkung und Nachreife“ näher eingegangen werden.

Auch in Versuchen bei KT 12° C konnte die hohe Lichtempfindlichkeit von *Poa nemoralis* 45 beobachtet werden. So keimten in dem ebenfalls in Fig. 3 mitgeteilten Versuch bei 10 Sekunden langer Belichtung mit 400 MK 49 % bei einer Keimfähigkeit von 25 % im Dunkeln. Die Keimprozente steigen hier mit zunehmender Belichtungszeit infolge der günstigeren Keimungstemperatur besonders rasch an und erreichen schon bei 5 Minuten 95 %.

Durch 12stündige Belichtung werden auch die hartnäckigsten Körner zum Keimen gebracht, so daß volle 100proz. Keimfähigkeit eintritt.

Ein weiterer Versuch, bei dem mit 200 MK belichtet wurde, sollte die Wirksamkeit noch kleinerer Lichtintensitäten erweisen. Auch hier zeigt sich eine starke Beeinflussung der Keimung von *P. nemoralis* bei kurzen Belichtungszeiten (Fig. 4).

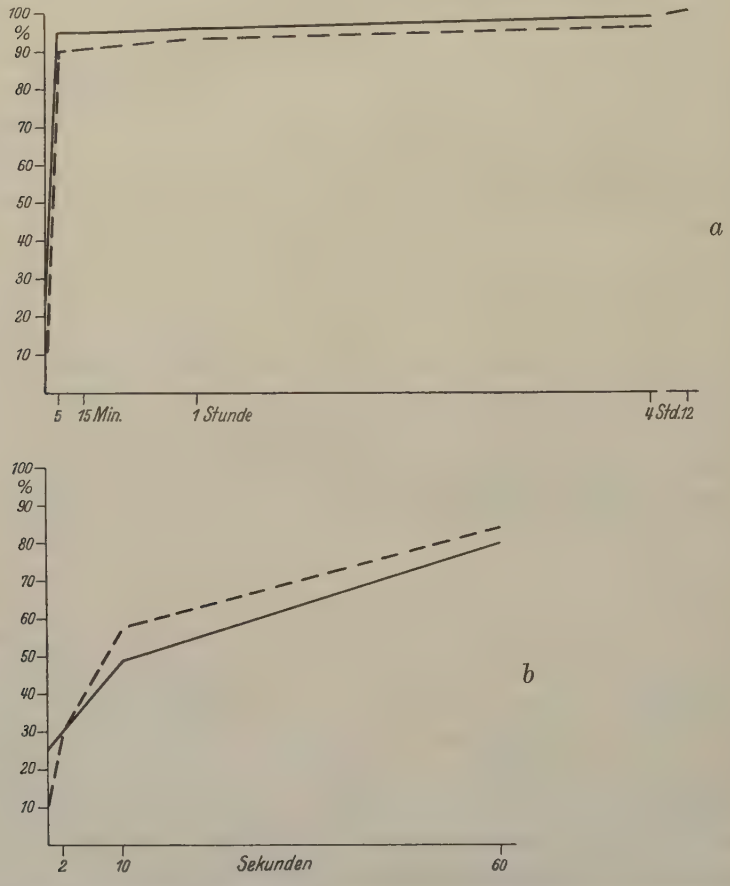

Fig. 3. *Poa nemoralis* 45. Keimfähigkeit bei verschieden langer Belichtung mit 400 MK bei KT 22° und 12° C. Bespelzte Karyopsen. a) Von 5 Minuten bis 4 bezw. 12 Std.; b) von 2—60 Sekunden. Abszisse: Dauer der Belichtung. Ordinate: Keimfähigkeit in %. ——— = KT 12° C. 22. I. 31; — — — = KT 22° C. 16. III. 31.

Von 33 % im Dunkeln steigt die Zahl der keimenden Körner durch 5 Sekunden lange Belichtung auf 40 %, bei 60 Sekunden auf 81 %. In langsamerem Anstieg wird dann bei 4 Stunden fast 100 proz. Keimfähigkeit erreicht.

Die mit diesen geringen Lichtmengen erzielte hohe Keimfähigkeit von *Poa nemoralis*-Körnern beweist die große Bedeutung, die dem Lichte bei Keimungsuntersuchungen mit dieser *Poa*-Art zukommt.

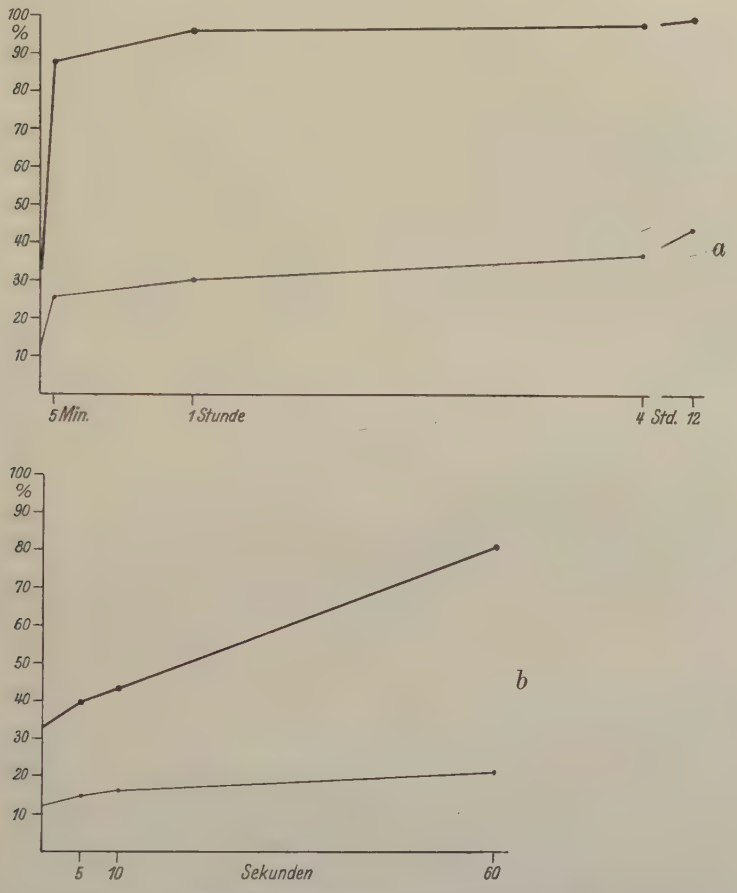

Fig. 4. *Poa nemoralis* 45 und 26. Keimfähigkeit bei verschieden langer Belichtung mit 200 bezw. 1500 MK. Bespelzte Karyopsen. KT 12° C. 26. III. 31. a) Von 5 Min. bis 12 Std.; b) von 5—60 Sek. Abszisse: Dauer der Belichtung. Ordinate: Keimfähigkeit in %. ——— = *P. nemoralis* 45 (200 MK); - - - - - = *P. nemoralis* 26 (1500 MK).

4. Die Lichtempfindlichkeit von *Poa nemoralis* anderer Herkunft und der Einfluß der Erntezeit auf die Lichtempfindlichkeit der Körner.

Es war nicht zu erwarten, daß alle *Poa nemoralis*-Körner verschiedener Herkunft in gleich hohem Maße auf Belichtung reagieren würden. Außerdem war damit zu rechnen, daß sich Karyopsen derselben Herkunft, aber verschiedener Ernte u. U. verschieden in ihrem Keimverhalten gegenüber Belichtung zeigen würden (Kinzel, 1913). Es wurden deshalb Proben, die an anderem Standort geerntet worden waren als *P. nemoralis* 45, bei KT 12° auf ihre Lichtempfindlichkeit geprüft.

P. nemoralis 48 erwies sich ebenfalls lichtgefördert; jedoch waren diese Körner nicht so hoch empfindlich wie die von *P. nemoralis* 45. Erst bei 5 Minuten langer Belichtung mit 1500 MK zeigt sich eine deutliche Erhöhung der Keimprozente von 2,5 auf 8 % (Tab. 18, Vers. A). Längere Belichtungsdauer bewirkt ein weiteres langsames Steigen der Keimfähigkeit. Ein Lichteinfluß auf die Keimung ist zweifellos vorhanden und auch bei Belichtung mit 200 MK noch zu erkennen (Vers. B).

Poa nemoralis 49, zur selben Zeit, aber an anderem Standort geerntet als Probe 48, zeigte sich lichtempfindlicher als die letztere.

Tabelle 18.

Poa nemoralis 48 und 49.

Einfluß verschiedener Lichtmengen auf die Keimung.

1500 MK und 200 MK, KT 12 ° C.

Versuch A: 17. IV. 31. Versuch B: 26. III. 31.

Dauer der Belichtung	Keimfähigkeit in %			
	Versuch A. 1500 MK.		Versuch B. 200 MK.	
	48	49	48	49
0	2,5	3,0	3,5	2,0
5 Sekunden . .	2,0	5,0	4,0	3,5
10 „ . . .	1,5	6,0	5,0	4,0
60 „ . . .	3,5	9,0	5,0	7,0
5 Minuten . . .	8,0	13,0	8,5	16,5
1 Stunde . . .	11,5	19,0	9,5	16,5
4 Stunden . . .	17,5	30,5	12,5	21,0
12 „ . . .	19,5	34,0	14,5	25,0

Ein geringer Einfluß der Belichtung macht sich in den in Tabelle 18 wiedergegebenen Versuchen schon bei 5 Sekunden bemerkbar. Die Förderung wird bei 10 und 60 Sekunden deutlicher und erreicht bei 5 Minuten (Vers. A) 13 Keimprozente, bei 3proz. Keimfähigkeit im Dunkeln. Bei 4stündiger Belichtung keimten 30,5 %, wogegen bei 12 Stunden in Vers. A die Keimfähigkeit auf 34 % ansteigt.

Bei der geringeren Lichtintensität von 200 MK waren mit denselben Belichtungszeiten ebenfalls noch steigende Keimprozente zu erzielen. Auch hier ist schon bei sekundenlanger Belichtung Keimungsförderung festzustellen (Vers. B).

Die mit *P. nemoralis* 48 und 49 ausgeführten Versuche ergaben keine so hohe Lichtempfindlichkeit, wie sie in den Fig. 2—4 für *P. nemoralis* 45 gezeigt werden konnte. Die Ergebnisse stimmen jedoch stark mit dem Resultat des ersten mit *P. nemoralis* 45 ausgeführten Versuches dieser Art überein, der eine wesentlich geringere Lichtempfindlichkeit der Probe 45 ergab (vgl. S. 345f.) als die übrigen mit demselben, aber stärker nachgereiften Material angestellten Versuche. Es besteht demnach die Möglichkeit, daß in anderen Nachreifestadien auch *P. nemoralis* 48 und 49 eine höhere Lichtempfindlichkeit, als sie Tab. 18 zeigt, besessen haben.

Daß aber nicht allein die Nachreife, sondern vielleicht auch die Erntezeit eine große Rolle für das Keimverhalten der Karyopsen gegenüber Belichtung spielen kann, wurde durch Versuche mit *P. nemoralis* 17 und 26 nahegelegt, die beide an demselben Standort, aber zu verschiedenen Zeiten (Probe 17 am 10. VII. 30, Probe 26 am 20. VII. 30) geerntet wurden.

Tabelle 19 (S. 352) zeigt deutlich die Unterschiede in der Lichtempfindlichkeit der beiden Körnerproben. Während beide im Dunkeln jeweils etwa die gleichen Keimprozente ergaben, war die Keimfähigkeit der Probe 26 bei Belichtung in beiden Versuchen höher als die der Probe 17.

Die Karyopsen von *P. nemoralis* 26, die schon auf 5 und 10 Sekunden lange Belichtung deutlich reagieren, sind lichtempfindlicher als die von *P. nemoralis* 17.

Einen Vergleich der Lichtempfindlichkeit von *P. nemoralis* 26 und 45 zeigt Fig. 4 (S. 349).

Ob verschiedenartige Witterungseinflüsse und dadurch bedingte Unterschiede in den Reifeverhältnissen oder andere Ursachen für

die auffallende Verschiedenheit der Lichtempfindlichkeit der beiden vom gleichen Standort im Abstand von 10 Tagen gesammelten Proben anzunehmen sind, könnte nur auf Grund eingehender, exakter Untersuchungen geklärt werden.

Tabelle 19.

Poa nemoralis 17 und 26.

Einfluß der Erntezeit auf die Lichtempfindlichkeit von Karyopsen gleicher Herkunft.

1500 und 200 MK. KT 12° C.

Versuch A: 17. IV. 31. Versuch B: 26. III. 31.

Dauer der Belichtung	Keimfähigkeit in %			
	Versuch A. 1500 MK.		Versuch B. 200 MK.	
	17	26	17	26
0	11,0	12,5	7,0	10,0
5 Sekunden . . .	13,5	15,0	12,0	10,5
10 „ . . .	14,5	16,5	11,5	9,5
60 „ . . .	15,0	21,0	10,0	19,0
5 Minuten . . .	18,0	26,0	12,0	19,0
1 Stunde . . .	14,0	30,5	11,0	19,5
4 Stunden . . .	18,5	37,5	11,5	20,5
12 „ . . .	19,5	44,5	13,5	31,0

5. Zusammenhang zwischen Lichtwirkung und vorhergehendem Dunkelaufenthalt der Karyopsen im Keimbett.

Wie in Abschnitt I angegeben ist, befanden sich in den beschriebenen Versuchen die Körner vor der Belichtung 24 Stunden im verdunkelten Keimbett. Diese Zeit wurde auf Grund von Erfahrungen bei anderen Arten so gewählt und in allen Versuchen beibehalten. Um jedoch den genauen Zeitpunkt der maximalen Lichtempfindlichkeit, die je nach der Dauer der vorausgegangenen Dunkellagerung der Körner verschieden groß ist, zu bestimmen, wurden Versuche angestellt, in denen bespelzte Körner nach verschieden langem Dunkelaufenthalt belichtet wurden.

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Versuch vom 30. VIII. 30 wurde zu verschiedenen, zwischen 0 und 40 Stunden liegenden Zeiten nach dem Einlegen 1 Stunde lang mit 1500 MK belichtet. Als Kontrolle wurden 4 × 100 Körner während der ganzen Versuchszeit verdunkelt

gehalten. Die Versuchstemperatur war KT 22° C. Die Lichtempfindlichkeit steigt mit zunehmender Vorquellzeit zunächst steil an. Während bei sofort nach dem Einlegen beginnender Belichtung nur 2 % keimen, bewirkt dieselbe Lichtmenge nach 8stündigem Dunkelaufenthalt 34,5 %, nach 12 Stunden 51,5 %, nach 20 Stunden 55,5 % Keimungen. Bei längerem Liegen im dunkeln Keimbett und darauffolgender Belichtung nehmen die Keimprozente wieder ab. Bei 32 Stunden keimen nur noch 43,5 %, bei 40 Stunden 37 %. Die höchste Lichtempfindlichkeit der Karyopsen von *P. nemoralis* würde also nach einem Dunkelaufenthalt von etwa 20 Stunden erreicht sein.

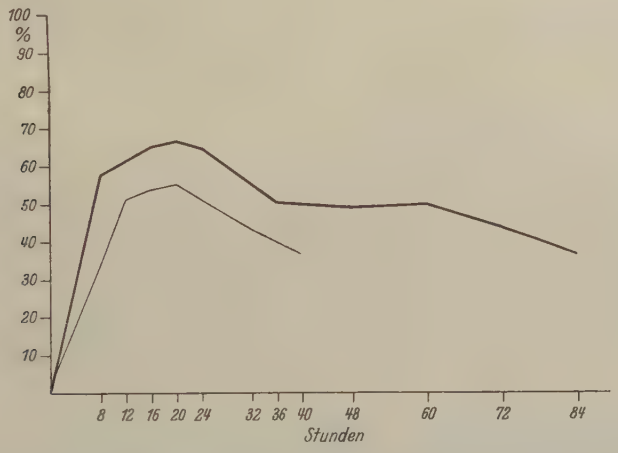

Fig. 5. Änderung der Lichtempfindlichkeit bei verschieden langem Dunkelaufenthalt der besp. Karyopsen im Keimbett. KT 22° C. Abszisse: Dauer des Dunkelaufenthaltes vor der Belichtung. Ordinate: Keimfähigkeit in %. ——— = Versuch vom 30. VIII. 30. Belichtung: 1500 MK × 1 Std. ——— = Versuch vom 7. X. 30. Belichtung: 1500 MK × 30 Min. Dunkelkeimfähigkeit in beiden Versuchen = 0 %.

Ein 5 Wochen später, am 7. X. 30, angesetzter Versuch führte zu einem ähnlichen Ergebnis (Fig. 5). Die höchsten Keimprozente wurden wieder bei 20stündigem Dunkelaufenthalt vor der Belichtung erzielt. Anstieg und Abfall der Lichtempfindlichkeit bei kürzerem bezw. längerem Dunkelaufenthalt sind wiederum deutlich ausgeprägt.

In einem bei KT 12° ausgeführten Versuch wurde der Dunkelaufenthalt vor der Belichtung bis zu 108 Stunden ausgedehnt. Belichtet wurde 4 Stunden mit 400 MK. In einer zweiten Versuchs-

reihe wurden zu denselben Zeiten ebenfalls 2 × 100 Körner eingelegt, diese jedoch nicht belichtet, sondern 4 Stunden lang auf die Temperatur 30° C gebracht. Es wurden also Karyopsen, die 0, 12, 15, 20 usw. bis 108 Stunden im dunkeln Keimbett lagen, zur Hälfte 4 Stunden belichtet, zur anderen Hälfte dieselbe Zeit höherer Temperatur (30° C) ausgesetzt. Das Ergebnis wird durch Fig. 6 veranschaulicht. Die Kurven stimmen in ihrem Verlauf auffallend miteinander überein. In beiden Versuchsreihen geht anfangs der zunehmenden Dauer des Dunkelaufenthaltes ein immer größer werdender Einfluß von Licht bezw. Temperaturwechsel

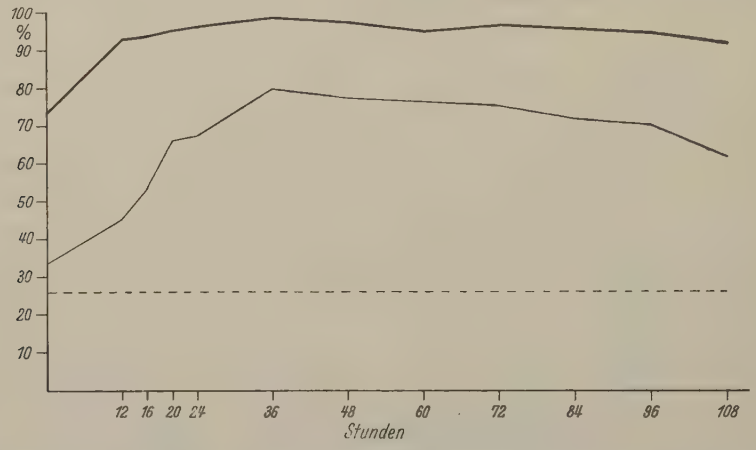

Fig. 6. Änderung der Lichtempfindlichkeit und Temperaturwechselwirkung bei verschieden langem Dunkelaufenthalt der besp. Karyopsen im Keimbett. KT 12° C. Abszisse: Dauer des Dunkelaufenthaltes vor der Belichtung bezw. Temperaturerhöhung. Ordinate: Keimfähigkeit in %. ——— = Belichtung mit 400 MK × 4 Std. ——— = einmalige 4stündige Temperaturerhöhung von 12° auf 30° C. — — — = Keimfähigkeit im Dunkeln bei KT 12°.

parallel, der bei 36 Stunden sein Maximum erreicht. Von da ab erfolgt eine ganz allmähliche Abnahme der Keimfähigkeit, die viel langsamer vor sich geht als bei den oben beschriebenen Versuchen bei KT 22°.

Eine ähnliche Abhängigkeit der Temperaturwechselwirkung von der Dauer des vorangegangenen Aufenthaltes der Körner bei konstanter Temperatur konnte auch Gassner (1930) feststellen. Die überaus große Übereinstimmung des Verlaufs der beiden Kurven legt eine Gleichartigkeit von Licht- und Temperaturwechselwirkung nahe.

Beim Vergleich mit den Versuchen bei KT 22° fällt es auf, daß in den Kurven der Fig. 6 die höchste Empfindlichkeit erst nach 36stündigem Dunkelaufenthalt erreicht wird. Diese Differenz dürfte darauf zurückzuführen sein, daß bei der tieferen Temperatur die zur Sensibilisierung führenden Vorgänge in den Karyopsen weniger rasch vor sich gehen. Auch Gassner (1930) hatte ähnliche Verhältnisse bei seinen Temperaturwechselversuchen erhalten.

Wenn demnach auch die Geschwindigkeit des Sensibilisierungsvorganges durch die Keimungstemperatur beeinflußt wird, kann der in den meisten meiner Versuche angewandte 24stündige Dunkelaufenthalt vor der Belichtung als dem Optimum nahe kommend bezeichnet werden, da, wie die Kurven zeigen, die Karyopsen zu diesem Zeitpunkt fast maximale Lichtempfindlichkeit besitzen.

6. Lichtwirkung und Nachreife.

Wegen der über den Einfluß des Lichtes auf die Keimung von *Poa*-Arten in der Literatur vorhandenen Widersprüche, die zweifellos zum großen Teil darauf zurückzuführen sind, daß dem Alter der verwendeten Körner nicht die genügende Beachtung geschenkt wurde, widmete ich nochmals spezielle Untersuchungen der Frage der Abhängigkeit von Lichtempfindlichkeit und Lichtbedürfnis vom Alter der Karyopsen.

Es wurden bei den konstanten und wechselnden Temperaturen, in durchschnittlich vierwöchentlichen Abständen, Karyopsen im Dunkeln und bei Belichtung mit stets gleicher Lichtmenge von 1500 MK × 48 Stunden eingekeimt. Da bespelzte und entspelzte Körner in bezug auf die Nachreife entsprechende Verhältnisse zeigten, werden im Folgenden nur die Ergebnisse der Versuche mit bespelzten Karyopsen in den Kurven der Fig. 7—10 mitgeteilt. Auf der Abszisse sind die seit der Ernte (Nullpunkt) bis zum jeweiligen Versuchsbeginn verstrichenen Zeiten, auf der Ordinate die in den einzelnen Versuchen erhaltenen Keimprozente angegeben.

Fig. 7 (S. 356) gibt die Versuchsergebnisse für die konstanten Temperaturen wieder. Alle Kurven, sowohl die der Dunkel- als auch die der Lichtversuche, zeigen im Anfang niedrige, mit zunehmender Entfernung vom Erntetag jedoch steigende Keimprozente. Die höchste Keimfähigkeit hatten die Körner bei KT 12° und Belichtung. Schon 5 Wochen nach der Ernte keimten 89 %; 6 Monate nach der Ernte wurde schon volles Keimprozent erreicht. Deutlicher kommt

die mit der Nachreife zunehmende Lichtempfindlichkeit bei den konstanten Temperaturen 22° und 30° C zum Ausdruck. Bei KT 22° vermag die verwendete Lichtmenge 3 Tage nach der Ernte noch keine Keimung auszulösen. Dagegen keimen nach 3 Wochen schon 25 % bei Belichtung, während im Dunkeln die Keimung noch immer ausbleibt. Die Lichtempfindlichkeit der Karyopsen steigt auch weiterhin sehr rasch an; es keimen 15 Wochen nach der Ernte bei Belichtung 62,5 %, nach etwa 5 Monaten 74 %; die Keimfähigkeit im Dunkeln, die in allen Versuchen bis zur 15. Woche 0 % betrug, ist bis zu dieser Zeit nur auf 3 % angestiegen.

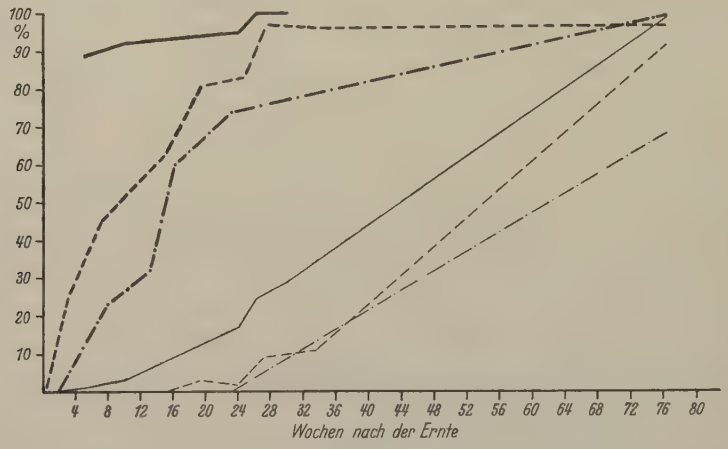

Fig. 7. *Poa nemoralis* 45. Änderung von Lichtempfindlichkeit und Lichtbedürfnis im Verlauf der Nachreife. Die Kurven geben die Keimfähigkeit der Karyopsen bei KT 12°, 22° und 30° C zu verschiedenen Zeiten nach der Ernte wieder. Abszisse: Die Zeit zwischen Ernte (Nullpunkt der Abszisse) und Versuchsanstellung in Wochen. Ordinate: Keimfähigkeit in %.

——— = KT 12° belichtet; | ——— = KT 12° dunkel;
– – – = KT 22° „ ; | – = KT 22° „ ;
— · — = KT 30° „ ; | · · — = KT 30° „ .

Ähnlich sind die Verhältnisse in den Versuchen bei KT 30° C. Auch hier bleibt in den ersten Wochen nach der Ernte die Belichtung ohne Einfluß auf die Keimung. Mit zunehmender Nachreife jedoch ist ein rasches Ansteigen der Keimprozente bei gleichbleibender Lichtmenge festzustellen. So keimen z. B. von den 3 Monate alten Körnern 32 %, 3 Wochen später 60 % und $5^1/_2$ Monate nach der Ernte 74 %. Im Dunkeln tritt bei allen diesen Versuchen noch keine Keimung auf.

Die gleiche Lichtmenge wirkt also zu verschiedenen Zeiten nach der Ernte ungleich stark keimungsfördernd auf die Körner ein. Mit fortschreitender Nachreife geht eine Empfindlichkeitssteigerung der Karyopsen für Belichtung im Keimbett parallel.

Dieselbe Beobachtung gestatten auch die Ergebnisse der bei intermittierenden Temperaturen ausgeführten Versuche. So ist, wie die Fig. 9 (S. 358) zeigt, die Keimfähigkeit bei TW 22/12° und 22/30° im Dunkeln außerordentlich gering. Sie schwankt vom Tage der Ernte ab Monate hindurch nur zwischen 1 und 3 %. Erst nach

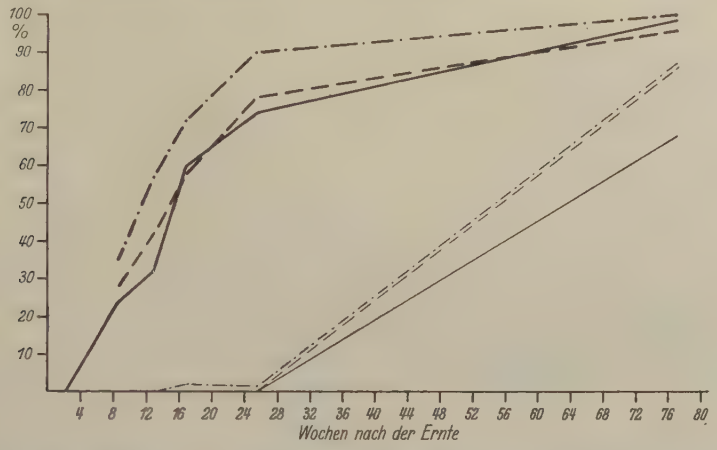

Fig. 8. *Poa nemoralis* 45. Änderung von Lichtempfindlichkeit und Lichtbedürfnis im Verlauf der Nachreife. Bei KT 30°, TW 30/22° und 30/12°. Abszisse: Die Zeit zwischen Ernte (Nullpunkt der Abszisse) und Versuchsanstellung in Wochen. Ordinate: Keimfähigkeit in %.

——— = KT 30° belichtet; | ——— = KT 30° dunkel;
– – – = TW 30/22° „ ; | – – – = TW 30/22° „ ;
– · – = TW 30/12° „ ; | – · – = TW 30/12° „ .

etwa 6 Monaten werden zum ersten Male mit 15 bezw. 20 % höhere Keimprozente erreicht. Während dieser Zeit der gleichbleibenden Dunkelkeimfähigkeit ist jedoch eine Änderung des Nachreifezustandes der Karyopsen zu beobachten, die sich in einer zunehmenden Lichtempfindlichkeit auswirkt. Während z. B. bei TW 22/30° am dritten Tage nach der Ernte bei Belichtung nur 10,5 % keimen, ist von Monat zu Monat mit 27, 70, 76, 95 und 98 % bei gleicher Lichtmenge und gleichbleibenden Dunkelkeimprozenten eine steigende Keimfähigkeit zu beobachten.

Noch besser werden diese Verhältnisse durch die Kurven der Fig. 8 (S. 357) veranschaulicht. Bei TW 30/22° keimen die Körner ein halbes Jahr nach der Ernte im Dunkeln überhaupt noch nicht. Die Keimprozente in den belichteten Versuchen steigen jedoch während dieser Zeit regelmäßig und steil an. Bei TW 30/12° ist die Dunkelkeimfähigkeit bis zur 13. Woche ebenfalls 0 %; von da ab bis zur 26. Woche keimen jeweils 2—3 % im Dunkeln. Die Lichtempfindlichkeit wird auch hier andauernd größer, indem bei gleicher Lichtmenge immer höhere Keimprozente erzielt werden.

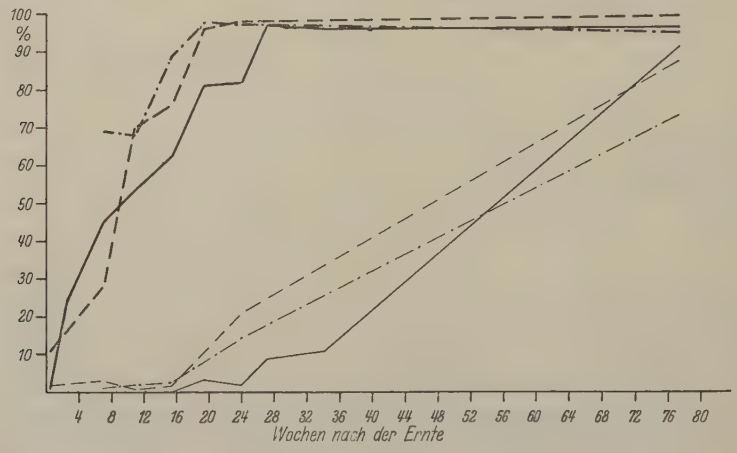

Fig. 9. *Poa nemoralis* 45. Änderung von Lichtempfindlichkeit und Lichtbedürfnis im Verlauf der Nachreife bei KT 22°, TW 22/30° und 22/12°. Abszisse: Die Zeit zwischen Ernte (Nullpunkt der Abszisse) und Versuchsanstellung in Wochen. Ordinate: Keimfähigkeit in %.

——— = KT 22° belichtet; | ——— = KT 22° dunkel;
– – – = TW 22/30° „ ; | – – – = TW 22/30° „ ;
– · – = TW 22/12° „ ; | · = TW 22/12° „ .

Diese Feststellung, daß die Lichtempfindlichkeit mit dem Alter der Karyopsen — zunächst wenigstens — höher wird, ist deshalb besonders nachdrücklich zu betonen, weil bisher fast sämtliche, sich mit Lichtkeimungsfragen beschäftigenden Autoren (zuletzt z. B. Niethammer, 1927) die Meinung vertreten, daß mit zunehmender Nachreife die Lichtempfindlichkeit der Samen geringer werde. Diese irrtümliche Auffassung, die auch schon in zusammenfassende Darstellungen des Lichtkeimungsproblems übernommen wurde (vgl. z. B. Pincussen, Photobiologie, 1930, S. 288), dürfte jedoch,

wie in der Einleitung von mir auseinandergesetzt wurde, darauf zurückzuführen sein, daß der Begriff der „Lichtempfindlichkeit" in einem anderen Sinne gebraucht wurde, als ihm tatsächlich zukommt.

Eine Steigerung der Lichtempfindlichkeit in aufeinanderfolgenden Versuchen hatte auch Wieser (1927) bei *Lythrum Salicaria* beobachtet. Er vermutete, daß diese Erscheinung auf eine Änderung in der Aufbewahrung oder vielleicht auch auf eine jährliche Periodizität der Samen zurückgeführt werden könnte.

Wie sich die Lichtempfindlichkeit im weiteren Verlauf der Nachreife ändert, muß einer besonderen Untersuchung vorbehalten werden.

Über die Änderung des Lichtbedürfnisses von *P. nemoralis*-Körnern bei zunehmender Nachreife gibt ein Vergleich der zu verschiedenen Zeiten im Dunkeln erhaltenen Keimprozente Aufschluß. Bei den Dunkelversuchen ist die Keimfähigkeit anfangs bedeutend niedriger als bei den belichteten Versuchsreihen. Die Kurven verlaufen flacher und liegen tief unter denen der Lichtversuche. Mit den letzteren stimmen sie jedoch darin überein, daß sie ebenfalls mit dem Alter der Körner steigende Keimprozente zeigen.

In den Versuchen bei KT 30° (Fig. 7) traten im Dunkeln ein halbes Jahr nach der Ernte immer noch keine Keimungen auf. Dagegen keimten bei einem $1^1/_2$ Jahre nach der Ernte angestellten Versuch auch ohne Belichtung 68 %. Die Karyopsen bedurften demnach einer verhältnismäßig langen Nachreifezeit, um bei der, wie wir sahen, ungünstigen KT 30° C im Dunkeln keimen zu können.

Bei KT 22° (Fig. 7) beginnen die Karyopsen schon früher auch ohne Belichtung zu keimen. In einem $4^1/_2$ Monate nach der Ernte angestellten Versuch waren die ersten Keimungen zu beobachten, die in den folgenden Monaten zahlreicher wurden und nach $1^1/_2$ Jahren 91 % erreichten. Nach dieser Zeit wird also ein Lichteinfluß auf die Keimung kaum noch zu erkennen sein. Die Karyopsen bedürfen in diesem Zustand der Nachreife zur Keimung bei KT 22° nicht mehr des Lichtes.

Viel früher, schon 5 Wochen nach der Ernte, keimen die Karyopsen bei KT 12° im Dunkeln (Fig. 7). Die Keimprozente steigen mit zunehmendem Alter der Körner regelmäßig an. Aber selbst bei dieser für die Keimung optimalen konstanten Temperatur ist noch nach $8^1/_2$ Monaten eine deutliche Lichtförderung vorhanden. Jedoch wird volle Keimfähigkeit im Dunkeln schon früher als bei den übrigen konstanten Temperaturen erreicht.

Da die Keimfähigkeit von *P. nemoralis*, wie oben gezeigt wurde, durch Temperaturwechsel stark gefördert wird, so mußte mit einem besonders raschen Nachlassen des Lichtbedürfnisses in den Versuchen bei intermittierenden Temperaturen gerechnet werden. In Fig. 8 sind die bei KT 30° und bei TW 30/22° und 30/12° angestellten Versuche mitgeteilt. Entsprechend der geringen keimungsfördernden Wirkung dieser Temperaturkombinationen ist das Lichtbedürfnis bei TW 30/22° und 30/12° nur wenig geringer als bei KT 30°. Selbst nach $1^1/_2$ Jahren ist bei diesen Temperaturen noch Licht zur vollen Auskeimung erforderlich, wenn auch die Unterschiede zwischen der Keimfähigkeit in den Dunkel- und Lichtversuchen bei TW geringer sind als bei KT 30°. Während im Licht bei TW und KT fast 100 % keimen, sind es im Dunkeln bei TW 30/12° 87 %, bei KT 30° dagegen nur 68 %.

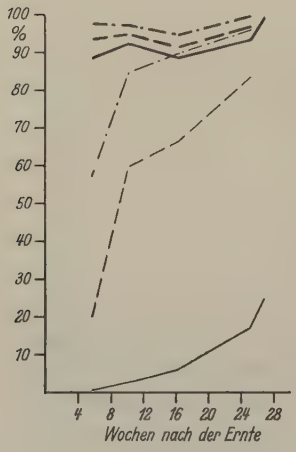

Fig. 10. *Poa nemoralis* 45.

Änderung von Lichtempfindlichkeit und Lichtbedürfnis im Verlauf der Nachreife bei KT 12°, TW 12/22° und 12/30°. Abszisse: Die Zeit zwischen Ernte (Nullpunkt der Abszisse) und Versuchsanstellung in Wochen. Ordinate: Keimfähigkeit in %.

——— = KT 12° belichtet;
– – – = TW 12/22° „ ;
– · – = TW 12/30° „ ;
——— = KT 12° dunkel;
– – – = TW 12/22° „ ;
– · – = TW 12/30° „ .

Die günstigeren Keimungsbedingungen bei TW 22/30° und 22/12° zeigen sich darin, daß das Lichtbedürfnis der Körner geringer ist als bei den eben genannten Temperaturwechselformen (Fig. 9). Schon in früheren Stadien der Nachreife treten auch im Dunkeln Keimungen auf. Aber auch bei diesen Temperaturen ist das Licht noch lange zur Erreichung 100proz. Keimfähigkeit notwendig.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Temperaturwechselformen, bei denen 12° C längere Zeit täglich zur Anwendung kommt und mit höheren Temperaturen kombiniert wird (Fig. 10).

Bei TW 12/22° zeigt sich zwar in den ersten Monaten nach der Ernte noch ein deutliches Lichtbedürfnis. Während bei der ange-

wandten Lichtmenge in allen Fällen durchschnittlich 95 % keimen, treten im Dunkeln 5 Wochen nach der Ernte nur 20,5 % Keimungen auf. Die Keimfähigkeit im Dunkeln steigt jedoch sehr rasch an und erreicht nach $2^1/_2$ Monaten 60 %, nach 6 Monaten 85 %, ist also damit von der bei Belichtung erhaltenen nur noch wenig verschieden.

Am schnellsten geht das Nachlassen des Lichtbedürfnisses bei der optimalen Keimungstemperatur TW 12/30° vor sich. Nach $2^1/_2$ Monaten keimen im Dunkeln schon 86 %, nach 4 Monaten 90 %. Die $^1/_2$ Jahr alten Karyopsen geben im Dunkeln mit 97 % fast volle Keimfähigkeit. Zur vollständigen Auskeimung ist also das Licht zu dieser Zeit unter diesen Temperaturbedingungen nicht mehr erforderlich.

Als wichtigste Folgerung aus diesen Versuchen kann somit festgestellt werden, daß die Frage der Lichtförderung der Keimung von *Poa nemoralis* stets auch eine Frage der Nachreife und der Keimungstemperatur ist. Bei günstiger Temperatur, vor allem bei Temperaturwechsel 12/30°, ist der Lichteinfluß nur kurze Zeit nach der Ernte zu erkennen. Mit zunehmender Nachreife wird die Keimfähigkeit im Dunkeln sich sehr rasch der im Lichte nähern und bald ebenso groß sein.

Bei nicht optimalen, vor allem hohen konstanten Temperaturen geht das Lichtbedürfnis viel langsamer verloren, und die Karyopsen werden sehr lange, u. U. noch nach Jahren des Lichtes bedürfen, um voll auskeimen zu können.

C. Einfluß von Chemikalien auf die Keimung.

Während für Getreide eine Reihe von Untersuchungen über die Keimung auf salz- und säurehaltigem Substrat vorliegen, fehlen solche für die übrigen Gramineen fast ganz (vgl. Lehmann und Aichele, 1931). Für *Poa nemoralis* ist auf die Versuche Nelsons (1927) hinzuweisen, der eine Förderung der Keimung auf 1 %iger KNO_3-Lösung sowohl im Dunkeln wie im Licht vor allem bei konstanter Temperatur erhielt (die Kurven hierzu s. bei Lehmann und Aichele, 1931, S. 448).

Gassner konnte eine solche Wirkung offenbar nicht feststellen, da sich in seinen Versuchen „keine fördernde Wirkung des Lichtes auf die *Poa*-Samen erkennen" ließ, „wenn statt des gewöhnlichen Keimbettes Lösungen derjenigen Stoffe verwendet wurden, welche das Keimverhalten von *Ranunculus sceleratus* und anderen Samen so nachdrücklich beeinflussen" (1930, S. 773).

In meinen eigenen Versuchen verwandte ich Lösungen von verschiedenen Nitraten und anderen N-haltigen Salzen, deren günstige Wirkung auf die Keimung von *Ranunculus sceleratus* durch Gassner (1915) erwiesen worden war. Es wurden geprüft KNO_3,

$NaNO_3$, NH_4NO_3, $Ca(NO_3)_2$, $Ba(NO_3)_2$, KNO_2 und NH_4Cl. Außerdem wurde der Einfluß von Salzsäure, die nach Lehmann und Ottenwälder (1913) eine günstige Wirkung auf die Keimung von *Lythrum Salicaria*, *Epilobium hirsutum* u. a. ausübt, untersucht.

Um die optimale wirksame Konzentration festzustellen, wurden zunächst bespelzte und entspelzte Körner bei KT 22° auf destilliertem Wasser, $^1/_{10}$ n, $^1/_{100}$ n und $^1/_{1000}$ n KNO_3-Lösung im Dunkeln und bei Belichtung zum Keimen gebracht.

Bei allen untersuchten Konzentrationen sind die Keimprozente auf KNO_3 höher als auf destilliertem Wasser (Tabelle 20). Am stärksten keimungsfördernd wirkt in allen Fällen die $^1/_{100}$ n-Lösung. Bei den bespelzten Körnern vermag in diesem Versuch KNO_3 allein nicht die Keimung auszulösen. Eine Förderung macht sich erst bei Belichtung bemerkbar. Dagegen wird die Keimfähigkeit der entspelzten Körner auch im Dunkeln stark erhöht.

Tabelle 20.

Poa nemoralis 45.

Einfluß von KNO_3 auf die Keimung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 22° C. 7. VIII. 30.

	Keimfähigkeit in %			
	aqua dest.	KNO_3		
		$^1/_{10}$ n	$^1/_{100}$ n	$^1/_{1000}$ n
1. mit Spelzen:				
dunkel	0,0	0,0	0,0	0,0
belichtet	25,5	39,0	53,5	43,0
2. ohne Spelzen:				
dunkel	4,5	10,0	21,5	13,0
belichtet	91,0	93,0	98,5	96,0

Die Zahlen der Tabelle 21 zeigen für KT 30°, TW 30/22° und 30/12° ebenfalls die günstige Wirkung der $^1/_{100}$ n KNO_3-Lösung, die vor allem in den belichteten Versuchsreihen sehr deutlich ist.

Aus den Zahlen für bespelzte Körner der Tabellen 20 und 21 geht außerdem hervor, daß die Lichtempfindlichkeit der Körner durch KNO_3 gesteigert wird. Obwohl im Dunkeln sowohl auf dest. Wasser wie auf den Salzlösungen 0 % keimen, ist die Keimfähigkeit bei Belichtung trotz jeweils gleicher Lichtmenge

auf den beiden Substraten verschieden. Der Einfluß des Lichtes ist bei den auf KNO_3 liegenden Körnern größer und kommt in höheren Keimprozenten zum Ausdruck.

Tabelle 21.

Poa nemoralis 45.

Einfluß von KNO_3 auf die Keimung im Dunkeln und bei Belichtung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 30°, TW 30/22° und 30/12°. 11. IX. 30.

	Keimfähigkeit in %			
	mit Spelzen		ohne Spelzen	
	dunkel	belichtet	dunkel	belichtet
1. KT 30°:				
aqua dest.	0,0	23,5	0,5	85,5
KNO_3 $^1/_{100}$ n	0,0	43,5	1,0	98,0
2. TW 30/22°:				
aqua dest.	0,0	28,0	1,0	91,0
KNO_3 $^1/_{100}$ n	0,0	65,5	2,5	94,0
3. TW 30/12°:				
aqua dest.	0,0	35,5	2,5	92,0
KNO_3 $^1/_{100}$ n	1,5	56,0	18,5	92,5

Fig. 11 gibt die Ergebnisse eines bei KT 22° ausgeführten Versuches wieder, bei dem der Einfluß von $^1/_{100}$ n KNO_3 auf die Keimung bespelzter und entspelzter Körner bei verschieden langer Belichtung mit 1500 MK untersucht wurde.

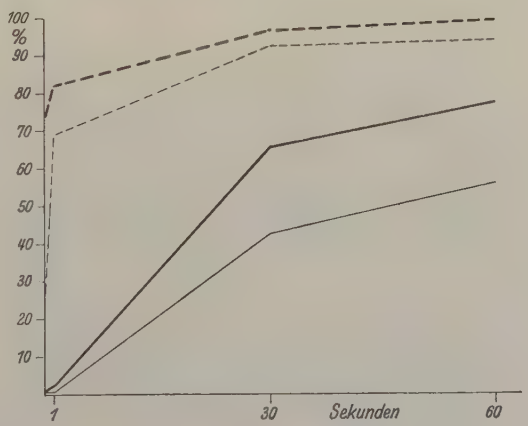

Fig. 11. *Poa nemoralis* 45. Einfluß von KNO_3 auf die Keimung. Verschiedene Belichtungszeiten bei 1500 MK. Bespelzte und entspelzte Körner. 6. X. 30. ——— = bespelzt, KNO_3; – – – = entspelzt, KNO_3; ——— = bespelzt, aqua dest.; — — — = entspelzt, aqua dest. KT 22°. Abszisse: Dauer der Belichtung in Sekunden. Ordinate: Keimfähigkeit in %.

Bei allen Belichtungszeiten sind die auf KNO_3 erhaltenen Keimprozente höher. Im Dunkeln keimen von den bespelzten Karyopsen zwar auf beiden Substraten 0,5 %. Aber schon bei einer Sekunde Belichtung ergibt sich ein geringer Unterschied in der Keimfähigkeit (0,5 : 2,5 %).

Ein ähnlicher bei KT 12° mit bespelzten Karyopsen ausgeführter Versuch läßt erkennen, daß KNO_3 auch bei dieser optimalen konstanten Temperatur keimungsfördernd wirkt (Fig. 12). Schon im Dunkeln werden auf KNO_3 bedeutend höhere Keimprozente erzielt. Die $^1/_{100}$ n-Lösung ist wiederum wirksamer als $^1/_{1000}$ n.

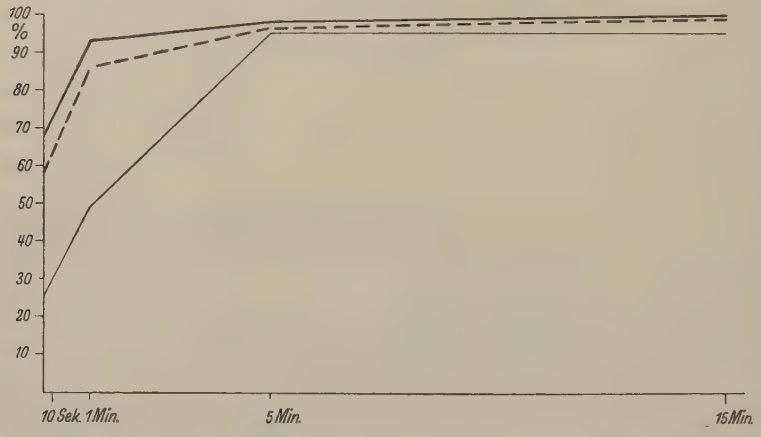

Fig. 12. *Poa nemoralis* 45. Einfluß von KNO_3 ($^1/_{100}$ und $^1/_{1000}$ n) auf die Keimung. Verschiedene Belichtungszeiten bei 400 MK. Bespelzte Körner. 22. I. 31. ——— = aqua dest.; – – – = KNO_3 $^1/_{1000}$ n; ——— = KNO_3 $^1/_{100}$ n. KT 12°. Abszisse: Dauer der Belichtung in Sek. bezw. Min. Ordinate: Keimfähigkeit in %.

Außer diesen Versuchen mit KNO_3 wurden die übrigen oben erwähnten Stickstoffsalze auf ihre keimungsbeeinflussende Wirkung geprüft. Im Folgenden sei über einen bei KT 22° im Dunkeln ausgeführten Versuch berichtet (Tabelle 22).

Ein Vergleich der in diesem Versuch erhaltenen Keimprozente ergibt, daß alle untersuchten Salze in $^1/_{100}$ n und $^1/_{1000}$ n-Lösung eine beträchtliche Erhöhung der Keimfähigkeit im Vergleich zum Kontrollversuch auf destilliertem Wasser bewirken. In allen Fällen übertrifft außerdem die $^1/_{100}$ n-Lösung an Wirksamkeit die $^1/_{1000}$ n-Lösung. Auch $^1/_{10}$ n wirkt fördernd bei den Alkali- und Erdalkalinitraten, also KNO_3,

$NaNO_3$, $Ba(NO_3)_2$ und $Ca(NO_3)_2$. Kaliumnitrit und die beiden Ammoniumsalze, NH_4NO_3 und NH_4Cl, verhindern in dieser Konzentration die Keimung vollständig. Am stärksten keimungsfördernd wirkt $^1/_{100}$ n KNO_2, am schwächsten NH_4NO_3 mit maximal 18 % in $^1/_{100}$ n-Konzentration.

Tabelle 22.

Poa nemoralis 45.

Einfluß verschiedener Stickstoffsalze und von Salzsäure auf die Keimung im Dunkeln.

KT 22°. 29. I. 31.

Keimmedium	Keimfähigkeit in % dunkel		
	$^1/_{10}$ n	$^1/_{100}$ n	$^1/_{1000}$ n
KNO_3	28,5	39,5	31,0
$NaNO_3$	25,0	38,5	28,5
NH_4NO_3.	0,0	33,0	27,0
$Ca(NO_3)_2$	35,0	40,0	20,5
$Ba(NO_3)_2$	—	36,0	28,0
KNO_2	—	42,0	29,5
NH_4Cl.	0,5	18,0	14,5
HCl	0,0	16,0	7,5
Kontrollversuche: aqua dest.			
dunkel	7,0		
400 MK × 4 Std.	96,0		

Aus den belichteten Versuchsreihen war eine fördernde Wirkung der Salze deshalb nicht zu entnehmen, weil bei der angewandten Lichtmenge von 1500 MK × 48 Std. schon auf dest. Wasser mit 96 % fast volle Keimfähigkeit erzielt wurde.

Die im Vorangehenden mitgeteilten Versuche zeigen, daß die Keimung von *Poa nemoralis* durch Stickstoffsalze in geeigneter Konzentration gefördert wird. Dabei erweist sich die $^1/_{100}$ n-Lösung als besonders wirksam.

Die keimungsfördernde Wirkung von Salzsäure konnte für *P. nemoralis* ebenfalls, wenn auch in schwachem Maße, nachgewiesen werden (vgl. hierzu die Vers. mit *P. pratensis* und *P. palustris*, S. 376 und 380f.).

Es keimten in einem Versuch (Tab. 22) im Dunkeln auf $^1/_{100}$ n-Lösung 16 % gegenüber 7 % auf dest. Wasser, wogegen $^1/_{10}$ n die Keimung vollkommen verhinderte.

Abschnitt III.

Poa pratensis.

A. Die Keimungstemperatur.

a) Seitherige Untersuchungen.

Die Frage der günstigsten Temperatur für die Keimung von *Poa pratensis* ist im Gegensatz zu *P. nemoralis* schon seit langem von verschiedenen Seiten bearbeitet worden. Dies hat seinen Grund einmal darin, daß *P. pratensis* ein starkes Kontingent bei der Samenkontrolle und Keimprüfung liefert. Andererseits ergaben die Untersuchungen der einzelnen Autoren eine Reihe von Widersprüchen, die stets von neuem zu einer weiteren Klärung der Frage anregten.

1. Konstante Temperaturen.

Über die Keimungsverhältnisse bei konstanten Temperaturen liegen zwar eine Reihe von Angaben, jedoch nur wenige eingehende Untersuchungen vor. Die Ergebnisse sind nur schwer miteinander in Übereinstimmung zu bringen.

Während v. Liebenberg (1884) bei 20° und 28° C jeweils gleiche Keimprozente erhielt, war bei Hartleb und Stutzer (1897) die Keimungstemperatur 30° C günstiger als 20° C. Die Letzteren halten es außerdem nicht für zweckmäßig, Temperaturen unter 20° C zu verwenden.

Einen größeren Temperaturbereich untersuchte als erster Vanha (1898), der Keimungsversuche bei 4°, 11°, 19°, 27° und 35° C ausführte. Die höchste Keimfähigkeit war bei 27° C zu beobachten. Dieselbe Feststellung machte im Gegensatz zu seinen früheren Angaben v. Liebenberg (veröffentlicht von Vanha, 1898). Eine Bestätigung erfuhren diese Ergebnisse später durch Harrington (1923), in dessen Versuchen die Keimung bei 25° C besser verlief als bei 20° und 30° C.

Dagegen erhielten Pieper (1909) und Kling (1916) bei 20° C höhere Keimprozente als bei 30° C. Nicht übereinstimmende Resultate erhielt Pickholz (1911), da in seinen Versuchen *P. pratensis* einmal bei 20°, das andere Mal bei 28° C besser keimte.

Zu anderen Ergebnissen als die bisher behandelten Autoren kam Gassner (1930), der wie Vanha auch tiefe Temperaturen in den Untersuchungsbereich mit einbezog. Wie bei *P. nemoralis* war die höchste Keimfähigkeit bei 12° C zu beobachten, so daß diese Temperatur von allen untersuchten konstanten Temperaturen (zwischen 1° und 33° C) dem Optimum am nächsten kommen würde.

2. Wechselnde Temperaturen.

Poa pratensis galt von jeher als ein besonders gutes Beispiel für die keimungsfördernde Wirkung des Temperaturwechsels. Die ersten Angaben hierüber wurden von Eidam (1883) und im Zusammenhang mit Lichtkeimungsfragen von v. Liebenberg (1884) gemacht und in der Zukunft von einer Reihe von Autoren fast ausnahmslos bestätigt (vgl. Lehmann und Aichele, 1931, S. 427—429).

Weniger zahlreich als diese bloßen Feststellungen der fördernden Wirkung von Temperaturwechsel sind die Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Temperaturkombinationen.

Eingehender beschäftigte sich als erster Vanha (1898) mit diesen Fragen. Indem er je zwei von den Temperaturen 4°, 11°, 19°, 27° und 35° C in verschiedener Weise kombinierte, stellte er fest, daß die Keimfähigkeit jeweils dann besser war, wenn sich die keimenden Karyopsen täglich längere Zeit bei niederer und kürzere Zeit bei höherer Temperatur befanden. Besonders günstige Verhältnisse ergaben sich beim Wechsel zwischen 11° und 27° bezw. 35° C. Zur Beantwortung der Frage, wie lange die einzelnen Temperaturen täglich einwirken müssen, damit maximale Keimfähigkeit erzielt wird, wurden die Körner $^1/_2$, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 und 24 Stunden lang bei 27° C, die übrige Zeit des Tages bei 11° C belassen. Die höchsten Keimprozente erhielt er dann, wenn sich die Körner täglich 20 Stunden bei 11° C und 4 Stunden bei 27° C oder bei einer etwas höheren Temperatur befanden.

Zu denselben Ergebnissen kam v. Liebenberg, der bei den Intermissionen 11/28° und 11/34° mit täglich 5stündiger Erwärmung die besten Keimungsverhältnisse fand (veröffentlicht von Vanha, 1898), während nach Harrington (1923) 20/30° günstiger ist als 15/30° C (vgl. Lehmann u. Aichele, 1931, S. 428; dort auch die Kurven).

Mit Vanhas und v. Liebenbergs Resultaten stimmen die Ergebnisse Gassners (1930) nicht ganz überein. Wie für *P. nemoralis* ist für *P. pratensis* nach ihm die günstigste Keimungstemperatur der Wechsel zwischen 12° (20 Std. täglich) und einer zwischen 19° und 33° liegenden höheren Temperatur (4 Std. täglich), während Vanha und v. Liebenberg deutliche Unterschiede in der Keimfähigkeit zwischen 11/19° und 11/27° bezw. 11/22° und 11/28° erhielten.

b) Eigene Versuche.

1. Keimung bei konstanten Temperaturen.

Die Keimung von *P. pratensis* verlief bei konstanten Temperaturen überaus mangelhaft. Die bespelzten Körner der Probe 47 zeigten bei den angewandten konstanten Temperaturen im Dunkeln und bei Belichtung nur wenige, gelegentlich auftretende Keimungen. Bei Verwendung von Stickstoffsalzlösungen als Keimsubstrat jedoch waren höhere Keimprozente zu beobachten. Besser keimten bei KT 12° die Proben 62 und 63 (vgl. Tab. 30, S. 374).

Dagegen ergaben die entspelzten Körner auch bei konstanten Temperaturen z. T. beträchtliche Keimfähigkeit. Tabelle 23 (S. 368) stellt das Ergebnis von je zwei mit *P. pratensis* 47 im Dunkeln und bei Belichtung ausgeführten Versuchen dar.

Die Keimungsverhältnisse sind bei 12° C weitaus günstigere als bei 22° oder gar 30° C. Das Resultat stimmt also mit dem für *P. nemoralis* gefundenen und den Ergebnissen Gassners überein.

Tabelle 23.

Poa pratensis 47.

Keimung bei konstanten Temperaturen im Dunkeln und bei Belichtung. Entspelzte Körner.

1500 MK × 48 Stunden. Versuch A: 3. IX. 30; B: 6. XI. 30.

	Keimfähigkeit in %					
	dunkel			belichtet		
	12°	22°	30°	12°	22°	30°
A	33,0	3,0	0,0	52,0	13,5	0,0
B	41,0	3,0	0,0	44,5	4,0	2,0

2. Keimung bei wechselnden Temperaturen.

Die Versuche bestätigten die stets hervorgehobene große Bedeutung intermittierender Temperaturen für die Keimung von *P. pratensis*. Gleichzeitig zeigten sie jedoch, daß eine normale Keimung sehr weitgehend an bestimmte Temperaturwechselformen gebunden ist und erst bei längerer Nachreife auch bei nicht optimalen Keimungstemperaturen erhebliche Keimprozente erzielt werden können.

Tabelle 24 zeigt das Ergebnis von je zwei mit bespelzten Körnern im Dunkeln und bei Belichtung ausgeführten Versuchen.

Tabelle 24.

Poa pratensis 47.

Keimung bei intermittierenden Temperaturen. Bespelzte Körner.

Versuch A: 3. IX. 30; B: 4. I. 31.

		Keimfähigkeit in %								
		12°	12/22°	12/30°	22°	22/12°	22/30°	30°	30/22°	30/12°
dunkel	A:	0,0	2,5	79,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B:	0,0	30,0	84,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1500 MK × 48 Std.	A:	0,0	7,0	93,5	0,0	0,5	0,0	0,0	1,0	2,5
	B:	0,0	59,5	97,0	0,0	1,0	2,0	0,0	6,0	3,5

TW 12/30° ist wie bei *P. nemoralis* in allen Fällen dem TW 12/22° weit überlegen. Dies macht sich vor allem in Versuch A bemerkbar, wo bei TW 12/22° im Dunkeln nur 2,5 %, im Licht

7 %, bei TW 12/30° dagegen 79,5 % bezw. 93,5 % keimen. Eine Übereinstimmung mit der Angabe Gassners (1930), daß alle Temperaturen zwischen 19° und 33° C bei Kombination mit der 20 Stunden täglich zur Anwendung gelangenden Temperatur von 12° C gleich wirksam seien, ist also in diesen Versuchen genau wie bei *P. nemoralis* nicht festzustellen. Alle, auch die hier nicht wiedergegebenen, Versuche brachten eine Bestätigung der Beobachtung Vanhas, indem sie zeigten, daß TW 12/30° bedeutend günstiger für die Keimung von *P. pratensis* ist als der Wechsel zwischen 12° und etwa 20° C. (Vgl. hierzu auch Tab. 26, S. 371).

Besonders bemerkenswert an den Versuchen der Tabelle 24 ist, daß mit Ausnahme von TW 12/22° und 12/30° alle übrigen Temperaturwechselformen entweder keine oder nur ganz geringe keimungsfördernde Wirkung besitzen. Erst bei fortgeschrittener Nachreife war auch bei ihnen stärkere Keimfähigkeit festzustellen.

Für die entspelzten Körner konnten in bezug auf die Temperaturverhältnisse dieselben Gesetzmäßigkeiten wie für die bespelzten festgestellt werden, weshalb auf eine Wiedergabe von Versuchen verzichtet werden kann. Am günstigsten für die Keimung ist auch hier TW 12/30°, weniger stark fördert 12/22°. Die Keimprozente liegen infolge der Entspelzung durchschnittlich höher, so daß auch bei den anderen nicht optimalen Temperaturwechselformen Keimungen auftreten zu einer Zeit, wo die bespelzten Körner unter diesen Bedingungen noch nicht zu keimen vermögen.

B. Das Licht.

a) Seitherige Untersuchungen. [1])

Bis vor kurzem war, nach Überwindung der anfänglichen Einwände von Nobbe (1882), v. Liebenberg (1884) u. a., die Annahme, daß das Licht auf die Keimung von *Poa pratensis* fördernd wirkt, allgemein, wenn auch die Methodik der Versuche, die zu dieser Feststellung führten, nicht immer einwandfrei war. Eine große Zahl der Versuche verschiedener Autoren war zur Belichtung direktem Sonnenlicht ausgesetzt und infolgedessen starken Temperaturschwankungen unterworfen.

Neuerdings vertreten Toole (1923 u. 1925) und Gassner (1930), wie in der Einleitung schon hervorgehoben wurde, eine der heute herrschenden Auffassung entgegengesetzte Meinung.

1) In bezug auf Einzelheiten muß auf die betreffenden Stellen in der „Keimungsphysiologie der Gräser" von Lehmann und Aichele (1931, S. 416/17 u. 427—429) verwiesen werden.

Toole (1923) konnte in seinen Versuchen keinen Einfluß des Lichtes auf die Keimung von *P. pratensis* finden und hält (1925) Belichtung für überflüssig, da Temperaturwechsel genüge. Gassner (1930) bestreitet ebenso wie für *P. nemoralis* auch den Einfluß des Lichtes auf die Keimung von *P. pratensis* (vgl. hierzu *P. nemoralis*, S. 336 und Einleitung, S. 322f.).

b) Eigene Versuche.

1. Versuche bei 48stündiger Belichtung mit 1500 MK.

α) Bei konstanten Temperaturen.

Wie oben (S. 367) schon erwähnt wurde, war die Keimfähigkeit der bespelzten Körner von *P. pratensis* 47 bei konstanten Temperaturen äußerst schlecht. Gelegentlich waren in den belichteten Versuchsreihen einige Keimungen zu beobachten, die immerhin auf eine schwache Lichtförderung hinwiesen, da im Dunkeln ausnahmslos 0 % keimten.

Eine ähnliche schwache Lichtwirkung bei konstanten Temperaturen war für *P. pratensis* 36 festzustellen. Dagegen konnte bei den Proben 62 und 63 durch Belichtung eine, wenn auch geringe, so doch deutliche Erhöhung der Keimprozente bei KT 12° erzielt werden. Während z. B. beide Proben im Dunkeln nur mit 1,5 % keimten, wurde durch 12stündige Belichtung bei Probe 62 eine Keimfähigkeit von 9,5 %, bei *P. pratensis* 63 eine solche von 11 % erreicht (s. hierzu Tab. 30, S. 374).

Die entspelzten Körner von *P. pratensis*, die ebenso wie die von *P. nemoralis* durchweg höhere Keimprozente ergaben als die bespelzten, waren bei konstanten Temperaturen deutlich lichtgefördert. Tabelle 25 zeigt das Ergebnis von zwei Versuchen.

Tabelle 25.

Poa pratensis 47.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei KT.

1500 MK × 48 Stunden; entspelzte Körner.

Versuch A: 3. IX. 30; B: 6. I. 31.

Temperatur	Keimfähigkeit in %		Versuch
	dunkel	belichtet	
KT 12° . . .	33,0	52,0	A
	25,5	41,0	B
KT 22° . . .	3,0	13,5	A
	10,0	15,5	B
KT 30° . . .	0,0	0,0	A
	—	—	B

Wie in allen übrigen, im einzelnen nicht wiedergegebenen Versuchen, ist ein deutlicher Einfluß des Lichtes auf die Keimung festzustellen. Die Keimfähigkeit in den belichteten Versuchsreihen ist bedeutend höher als die der Dunkelkontrollen; der hemmende Einfluß der KT 30° konnte jedoch durch Belichtung nicht aufgehoben werden.

β) Versuche bei intermittierenden Temperaturen.

Ganz im Gegensatz zu den Versuchen bei konstanten Temperaturen zeigte *P. pratensis* 47 bei Temperaturwechsel eine verhältnismäßig hohe Lichtempfindlichkeit auch der bespelzten Körner. Die Karyopsen werden unter dem Einfluß der intermittierenden Keimungstemperatur lichtempfindlicher.

In Tabelle 26 sind zwei bei TW 12/22° und 12/30° ausgeführte Versuche vom 1. X. 30 und 6. XI. 30 dargestellt. Die große Bedeutung des Lichtes für die Keimung ist aus den erhaltenen Keimprozenten klar ersichtlich. Weitere hier nicht mitgeteilte Versuche ließen ebenfalls den fördernden Einfluß des Lichtes erkennen. Bei den übrigen Temperaturkombinationen war zu dieser Zeit bei der angewandten Lichtmenge keine oder nur schwache Keimung zu beobachten. Ihre Resultate wurden deshalb nicht mit in die Tabelle aufgenommen. Ein etwa $1^1/_2$ Jahre nach der Ernte dieser Karyopsen ausgeführter Versuch ergab jedoch auch unter diesen Temperaturbedingungen deutliche Lichtförderung, wie aus den Zahlen der Tabelle 27 (S. 372) zu erkennen ist.

Tabelle 26.

Poa pratensis 47.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei TW 12/22° und 12/30°.

1500 MK × 48 Stunden; bespelzte Körner.

Versuch A: 1. X. 30: B: 6. XI. 30.

	Keimfähigkeit in %		Versuch
	dunkel	belichtet	
TW 12/22° . .	1,5	3,5	A
	11,0	59,0	B
TW 12/30° . .	60,0	90,0	A
	83,5	95,0	B

Tabelle 27.

Poa pratensis 47.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei TW.

1500 MK × 48 Stunden; bespelzte Körner. 4. I. 32.

	Keimfähigkeit in %	
	dunkel	belichtet
TW 22/12°	4,0	20,0
TW 22/30°	0,0	20,0
TW 30/22°	6,0	9,0
TW 30/12°	25,0	39,0

Auch bei Körnern der Probe 36, die ebenso wie die des soeben beschriebenen Versuches verhältnismäßig lange ($1^1/_2$ Jahre) nachgereift waren, war noch ein Einfluß des Lichtes auf die Keimung selbst bei der günstigsten Temperaturwechselform zu erkennen.

Die in Tabelle 24 (S. 368) dargestellten Versuche mit *P. pratensis* 47 zeigen bei einem Vergleich der einander entsprechenden im Dunkeln und bei Belichtung erhaltenen Keimprozente ebenfalls den Einfluß des Lichtes.

Weiterhin ist hier auf die der Frage der Keimungsbeeinflussung durch Stickstoffsalze gewidmeten Versuche hinzuweisen, in denen ebenfalls die fördernde Wirkung des Lichtes zu erkennen ist (vgl. Tab. 31 u. 32, S. 375 u. 376).

Die Versuche mit entspelzten Körnern ergaben infolge besserer Keimfähigkeit derselben schon nach kürzerer Nachreife auch bei den ungünstigeren Temperaturwechselformen mit der in diesen Versuchen angewandten Lichtmenge höhere Keimprozente als im Dunkeln (Tab. 28).

Tabelle 28.

Poa pratensis 47.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei TW.

1500 MK × 48 Stunden; entspelzte Körner. 6. I. 31.

	Keimfähigkeit in %	
	dunkel	belichtet
TW 12/22°	86,0	93,0
TW 12/30°	84,5	92,0
TW 22/12°	5,5	29,0
TW 22/30°	19,0	30,0

2. Einfluß geringerer Lichtmengen auf die Keimung.

Das Ergebnis der im Vorhergehenden mitgeteilten Versuche, die für *P. pratensis* eine vor allem bei konstanten Temperaturen bedeutend geringere Lichtempfindlichkeit als für *P. nemoralis* ergeben hatten, machte es zunächst unwahrscheinlich, daß ebenso wie bei dieser Art schon kürzere Belichtungszeiten, bezw. geringere Lichtmengen von Einfluß auf die Keimung wären.

Um nun zu untersuchen, ob *P. pratensis* 47 möglicherweise durch eine höhere Beleuchtungsstärke bei KT 12° zum Keimen zu bringen sei, wurde in einem Versuch vom 31. XII. 30 statt mit 1500 MK mit 5000 MK belichtet. Das Ergebnis war jedoch ebenfalls negativ. Bei allen zwischen 0 und 12 Stunden angewandten Belichtungszeiten war keine Keimung zu beobachten.

Tabelle 29.

Poa pratensis 47.

Einfluß verschiedener Lichtmengen auf die Keimung.

5000 MK. TW 12/30° bei einmaliger 4stündiger Temperaturerhöhung; bespelzte Körner. 31. XII. 30.

Dauer der Belichtung	Keimfähigkeit in %
0	5,0
10 Sekunden	13,0
60 „	19,0
5 Minuten	18,0
1 Stunde	19,5
6 Stunden	18,5
12 „	22,5

Dagegen konnte in einem gleichzeitig ausgeführten Versuch (Tab. 29), bei dem nach der Belichtung die Temperatur während 4 Stunden von 12° auf 30° erhöht wurde und von da ab den Rest der Versuchszeit (28 Tage) über 12° C betrug, die überraschende Feststellung gemacht werden, daß auch *P. pratensis* schon auf sehr viel kürzere Belichtungszeiten und Lichtmengen als die bisher angewandten mit einer Erhöhung der Keimfähigkeit zu reagieren vermag. Während im Dunkeln nur 5 % der Körner keimten, war die Keimfähigkeit bei 10 Sekunden langer Belichtung 13 %, bei

60 Sekunden 19 %. Auffallend ist der überaus schwache weitere Anstieg der Keimprozente bei längerer Dauer der Belichtung. Immerhin zeigt dieser Versuch, daß die Keimung von *P. pratensis*, wenn auch in viel geringerem Maße als die von *P. nemoralis*, ebenfalls schon durch geringe Lichtmengen eine Förderung erfährt.

Ein ganz ähnliches Verhalten konnte für zwei weitere Körnerproben, *P. pratensis* 62 und 63, festgestellt werden (Tab. 30).

Tabelle 30.

Poa pratensis 62 und 63.

Einfluß verschiedener Lichtmengen auf die Keimung bei KT 12°.

1000 MK. Bespelzte Körner. 1. III. 32.

Dauer der Belichtung	Keimfähigkeit in %	
	Poa pratensis 62	*Poa pratensis* 63
0	1,5	1,5
30 Sekunden . . .	6,0	7,0
5 Minuten	4,5	8,5
4 Stunden	9,5	11,0
12 „	8,0	11,0

Eine noch geringere als die im vorangehenden Versuch angewandte Lichtmenge (30000 MKSek. statt 50000 MKSek.) bewirkte auch hier in beiden Fällen eine deutliche Erhöhung der Keimprozente im Vergleich zu den Dunkelkontrollen.

Eine endgültige Aussage über den Grad der Lichtempfindlichkeit von *P. pratensis* könnte jedoch erst dann gemacht werden, wenn in verschiedenen Nachreifestadien der Einfluß geringer Lichtmengen auf die Keimung festgestellt würde. Immerhin zeigen die bisher ausgeführten Versuche eindeutig, daß die Keimung von *P. pratensis* durch Belichtung gefördert wird, und daß u. U. schon kurze Belichtungszeiten die Keimung auszulösen vermögen.

C. Einfluß von Chemikalien auf die Keimung.

Die wenigen über die Wirkung von Stickstoffsalzen auf die Keimung von *Poa pratensis* vorliegenden Untersuchungen stimmen nicht miteinander überein. Während Hite (1919) volle Keimprozente nur bei Anwendung von Nährlösung und Nitrat erhielt, verneinen Toole (1923) und Toole und Goss (1925) die Wirksamkeit von KNO_3 bei derselben Art. Dagegen

beobachtete Nelson (1927) eine höhere Keimfähigkeit, wenn er 1 %ige KNO_3-Lösung anstelle von destilliertem Wasser verwandte. Gassner (1930) konnte ebenso wie bei *P. nemoralis* (s. S. 361) auch bei *P. pratensis* keine keimungsbeeinflussende Wirkung N-haltiger Substanzen feststellen.

In den von mir ausgeführten, im Folgenden mitgeteilten Versuchen wurde die Wirkung von KNO_3, NH_4NO_3, $Ba(NO_3)_2$, KNO_2, NH_4Cl und von Salzsäure auf die Keimung von *P. pratensis* geprüft.

Tabelle 31 zeigt das Ergebnis eines mit bespelzten und entspelzten Körnern der Proben 47 und 36 bei KT 12° ausgeführten Versuches mit $^1/_{100}$ n KNO_3-Lösung.

Tabelle 31.

Poa pratensis 47 und 36.

Einfluß von KNO_3 auf die Keimung im Dunkeln und bei Belichtung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 12°. 26. XI. 30.

	Keimfähigkeit in %			
	Poa pratensis 47		*Poa pratensis* 36	
	aqua dest.	KNO_3 $^1/_{100}$ n	aqua dest.	KNO_3 $^1/_{100}$ n
KT 12°				
bespelzt dunkel	0,0	0,5	0,0	1,0
„ belichtet . . .	0,0	2,0	1,5	3,5
entspelzt dunkel	41,5	69,0	39,5	60,0
„ belichtet . . .	72,5	87,0	39,0	68,0

Neben dem Einfluß des Lichtes, der aus den Zahlen der Tabelle sehr gut zu erkennen ist, macht sich bei beiden Proben deutlich eine fördernde Wirkung von KNO_3 vor allem bei entspelzten Körnern bemerkbar.

Die Versuche mit den übrigen Stickstoffsalzen zeigten, daß auch sie die Keimung von *P. pratensis* günstig zu beeinflussen vermögen.

Die Zahlen der Tabelle 32, die das Resultat eines bei TW 12/22° ausgeführten Versuches wiedergeben, zeigen eine bedeutende Förderung der Keimung durch die Salzlösungen, die besonders im Dunkeln sehr stark ist. Wie bei *P. nemoralis* erwies sich auch hier wieder KNO_2 als besonders wirksam, da es im Gegensatz zu den anderen Salzen in beiden angewandten Konzentrationen sehr hohe Keimprozente ergab. Am schwächsten wirkt wiederum NH_4Cl, das nur in $^1/_{100}$ n-Lösung bei TW im Dunkeln eine geringe Er-

höhung der Keimfähigkeit verursachte. Durch alle anderen Salze wird jedoch die Keimfähigkeit von *P. pratensis* beträchtlich erhöht.

Ein Dunkelversuch, bei dem $^1/_{100}$ n und $^1/_{1000}$ n Salzsäure als Keimsubstrat dienten, ergab starke Förderung durch $^1/_{100}$ n (von 19,0 auf 54,0 %), während $^1/_{1000}$ n ohne Einfluß blieb (Tab. 32).

Tabelle 32.

Poa pratensis 47.

Einfluß verschiedener Stickstoffsalze und von Salzsäure auf die Keimung im Dunkeln und bei Belichtung.

1500 MK × 48 Stunden. TW 12/22°. 25. II. 31.

Keimsubstrat	Keimfähigkeit in %			
	dunkel		belichtet	
	$^1/_{100}$ n	$^1/_{1000}$ n	$^1/_{100}$ n	$^1/_{1000}$ n
aqua dest.	19,0		62,5	
KNO_3	70,0	38,5	89,0	70,5
NH_4NO_3	48,0	54,5	76,0	76,0
$Ba(NO_3)_2$	45,5	38,5	55,5	64,0
KNO_2	70,5	71,5	77,0	77,5
NH_4Cl	24,5	17,0	61,0	56,0
HCl	54,0	19,0	—	—

Abschnitt IV.

Poa palustris.

A. Die Keimungstemperatur.

a) Seitherige Untersuchungen.

Die Angaben über die Keimungsverhältnisse dieses Grases sind äußerst spärlich. Über die Keimung unter verschiedenen Temperaturbedingungen ist lediglich aus den Untersuchungen von Kleine (1924) zu entnehmen, daß TW 20/35° günstiger ist als KT 20° C. Versuche über den Einfluß verschiedener konstanter und intermittierender Temperaturen liegen für *Poa palustris* in der Literatur nicht vor (vgl. Lehmann und Aichele, 1931).

b) Eigene Versuche.

1. Keimung bei konstanten Temperaturen.

Für die Keimung von *P. palustris* bei konstanten Temperaturen gilt dasselbe wie für die bisher behandelten *Poa*-Arten. Als günstigste Keimungstemperatur erwies sich auch hier 12° C. Höhere konstante Temperaturen ergaben geringere oder keine Keimfähigkeit. Dies

sei nur kurz durch Tabelle 33 belegt, in der je ein Versuch mit bespelzten und entspelzten Körnern im Dunkeln und bei Belichtung dargestellt ist.

Tabelle 33.

Poa palustris 54.

Keimung bei konstanten Temperaturen im Dunkeln und bei Belichtung.

1500 MK × 48 Stunden. Versuch A: 4. I. 31; B: 6. XI. 30; C: 1. X. 30.

	Keimfähigkeit in %			Versuch
	12°	22°	30°	
1. dunkel				
bespelzt	4,0	1,0	0,0	A
entspelzt . . .	19,0	6,0	1,0	B
2. belichtet				
bespelzt	11,0	3,0	0,0	A
entspelzt . . .	66,0	34,0	6,5	C

2. Keimung bei wechselnden Temperaturen.

Auch gegenüber den verschiedenen Temperaturwechselformen verhielt sich *P. palustris* ebenso wie *P. nemoralis* und *P. pratensis*. Am günstigsten war TW 12/30°, während 12/22° in allen Fällen weniger wirksam war. Alle übrigen Temperaturkombinationen gaben nur bei entspelzten oder gut nachgereiften Körnern hohe Keimfähigkeit. Wie *P. pratensis* ist *P. palustris* mehr bezw. länger als *P. nemoralis* an bestimmte Temperaturwechselformen gebunden, bei denen eine tiefe Temperatur (12° C) die längere Zeit des Tages verwendet wird und mit einer höheren (30° C) abwechselt.

Tabelle 34.

Poa palustris 54.

Keimung bei intermittierenden Temperaturen und Belichtung. Bespelzte Körner.

1500 MK × 48 Stunden. Versuch A: 3. IX. 30; B: 1. X. 30.

Keimfähigkeit in %									Versuch
12°	12/22°	12/30°	22°	22/12°	22/30°	30°	30/22°	30/12°	
2,0	12,5	87,5	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	A
3,0	26,0	92,5	0,5	0,0	2,5	0,0	0,5	1,0	B

Da sämtliche Versuche prinzipiell zu denselben Ergebnissen führten, seien in Tabelle 34 (S. 377) nur zwei mit bespelzten Körnern bei Belichtung ausgeführte Versuche mitgeteilt.

B. Das Licht.

a) Seitherige Versuche.

Da in den Versuchen von Rostrup (1897/98) und Kleine (1924), die für einen Lichteinfluß auf die Keimung von *P. palustris* sprechen würden, auf gleiche Temperaturverhältnisse von Licht- und Kontrollversuch nicht in genügender Weise geachtet wurde (nach Rostrup wirkt nur direktes Sonnenlicht), Untersuchungen von anderer Seite jedoch bisher nicht vorlagen, konnte die Frage der Lichtwirkung auf die Keimung dieser *Poa*-Art seither nicht als geklärt gelten.

b) Eigene Versuche.

Versuche bei 48stündiger Belichtung mit 1500 MK.

α) Bei konstanten Temperaturen.

Im Gegensatz zu *P. pratensis* 47 zeigte *P. palustris* 54 auch bei konstanten Temperaturen Keimfähigkeit und Lichtförderung schon in den ersten 6 Monaten nach der Ernte (Tab. 35).

Tabelle 35.

Poa palustris 54.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei konstanten Temperaturen.

1500 MK × 48 Stunden.

Versuch A: 1. X. 30; B: 4. XI. 30; C: 4. I. 31; D: 4. 1. 32.

	Keimfähigkeit in %				Versuch
	mit Spelzen		ohne Spelzen		
	dunkel	belichtet	dunkel	belichtet	
KT 12° C . . .	1,5	3,0	24,5	66,0	A
	—	—	19,0	64,5	B
	4,0	11,0	—	—	C
KT 22° C . . .	—	—	0,0	34,0	A
	0,0	2,0	6,0	64,0	B
	1,0	3,0	—	—	C
	6,0	76,0	—	—	D
KT 30° C . . .	—	—	0,0	6,5	A
	0,0	6,0	1,0	37,0	B
	4,0	60,0	—	—	D

Die Lichtempfindlichkeit der bespelzten Körner ist in frühen Nachreifestadien offenbar noch nicht sehr groß (Vers. A, B und C). Mit zunehmendem Alter werden die Karyopsen jedoch wesentlich lichtempfindlicher, wie der am 4. I. 32 bei KT 22° und KT 30° ausgeführte Versuch (Vers. D) zeigt. Während die Keimfähigkeit im Dunkeln bis zu dieser Zeit kaum stärker geworden ist, sind die durch Belichtung mit derselben Lichtmenge erzielten Keimprozente ganz bedeutend höher als in den früheren Versuchen.

Diese Versuche bestätigen die bei *P. nemoralis* gemachte Beobachtung (vgl. S. 355 ff.), daß die Karyopsen in nachgereiftem Zustand lichtempfindlicher sind als kurz nach der Ernte.

Eine weitere Körnerprobe, *P. palustris* 25, Ernte 1929, zeigte in einem Versuch vom 4. I. 31, also etwa $1^1/_2$ Jahre nach der Ernte, gleichfalls noch Lichtförderung. Im Licht keimten bei KT 22° C 17,5 %, bei KT 12° 20 %, während im Dunkeln nur 1.5 % bezw. 0 % keimten.

Die Keimung der entspelzten Körner verlief ebenfalls bei Belichtung besser als im Dunkeln (Tab. 35). Die Entspelzung bewirkt auch hier eine Empfindlichkeitssteigerung, die in einer stärkeren Erhöhung der Keimfähigkeit durch Belichtung als bei den bespelzten Karyopsen zum Ausdruck kommt (vgl. Vers. B bei KT 22° und KT 30°).

β) Versuche bei intermittierenden Temperaturen.

Die Ergebnisse einiger bei Temperaturwechsel mit entspelzten und nicht entspelzten Körnern ausgeführter Versuche, die ebenfalls bei Belichtung ausnahmslos höhere Keimprozente ergaben, sind in Fig. 13 und 14 mitgeteilt.

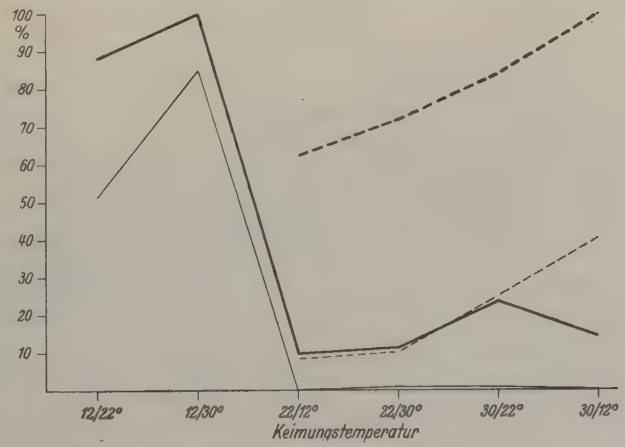

Fig. 13.
Poa palustris 54.
Einfluß des Lichtes auf die Keimung bespelzter Körner bei intermittierenden Temperaturen.
1500 KM × 48 Std.
Vers. A: 6. XI. 30;
Vers. B: 4. I. 32.
——— = Vers. A, belichtet;
– – – = Vers. B, belichtet.
——— = Vers. A, dunkel;
– – – = Vers. B, dunkel.
Abszisse: Keimungstemperatur.
Ordinate: Keimfähigkeit in %.

Die Wirkung des Lichtes ist besonders deutlich bei den ungünstigeren Temperaturkombinationen, die einerseits nicht ausreichen, um allein im Dunkeln hohe Keimfähigkeit herbeizuführen, andererseits jedoch die Empfindlichkeit der Karyopsen für das Licht im Vergleich zu der bei konstanten Temperaturen ganz erheblich steigern. Aber auch für TW 12/22° und 12/30° ist bei den bespelzten Körnern zur vollen Auskeimung zur Zeit der Versuchsanstellung Belichtung erforderlich.

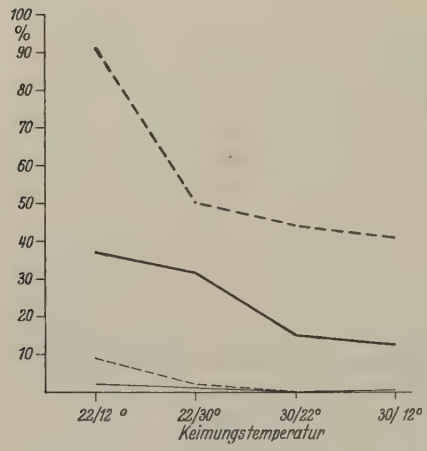

Fig. 14. *Poa palustris* 54.
Einfluß des Lichtes auf die Keimung entspelzter Körner bei intermittierenden Temperaturen. 1500 MK × 48 Std.
Vers. A: 1. X. 30; Vers. B: 6. XI. 30.
——— = Vers. A, belichtet;
– – – = Vers. B, belichtet;
——— = Vers. A, dunkel;
– – – = Vers. B, dunkel.
Abszisse: Keimungstemperatur.
Ordinate: Keimfähigkeit in %.

Auch 18 Monate alte Körner von *P. palustris* 25 zeigten sich noch lichtbedürftig, indem selbst unter den günstigsten Temperaturverhältnissen, TW 12/22° und 12/30°, nur durch Belichtung volle Keimfähigkeit erzielt werden konnte.

C. Einfluß von Chemikalien auf die Keimung.

Dieselben Stickstoffsalze wie bei *Poa nemoralis* wurden in einem Versuch bei KT 22° als Substrat für die Keimung von *P. palustris* verwendet. Sowohl im Dunkeln wie im Licht sind die Keimprozente auf den Salzlösungen höher als auf dest. Wasser (Tab. 36). Vor allem bei Belichtung ist der fördernde Einfluß der N-Salze sehr stark. Mit Ausnahme von KNO_2 ist die $^1/_{100}$ n-Lösung bei allen Salzen wirksamer als $^1/_{1000}$ n. Die geringste Erhöhung der Keimfähigkeit ist wie bei *P. nemoralis* und *P. pratensis* wiederum bei NH_4Cl zu beobachten, während neben KNO_3 besonders die Wirksamkeit von NH_4NO_3 und $Ca(NO_3)_2$ auffällt.

Tabelle 36.

Poa palustris 25.

Einfluß von N-Salzen und von Salzsäure auf die Keimung im Dunkeln und bei Belichtung.

1500 MK × 48 Stunden. KT 22° C; bespelzte Körner. 8. III. 31.

Keimsubstrat	Keimfähigkeit in %			
	dunkel		belichtet	
	$^1/_{100}$ n	$^1/_{1000}$ n	$^1/_{100}$ n	$^1/_{1000}$ n
aqua dest.	0,5		14,25	
KNO_3	10,5	2,5	61,5	41,5
$NaNO_3$	7,5	4,0	54,0	53,5
NH_4NO_3	8,5	7,0	64,0	50,5
$Ca(NO_3)_2$	6,5	6,0	64,0	46,0
$Ba(NO_3)_2$	8 5	3,0	52,0	42,0
KNO_2	5,0	8,0	38,0	50,0
NH_4Cl	1,5	1,0	24,0	25,5
HCl	1,0	0,0	25,5	22,5

Wie Tabelle 36 außerdem noch zeigt, ist auch Salzsäure zu den die Keimung von *P. palustris* fördernden Stoffen zu rechnen.

Abschnitt V.

Poa compressa.

A. Die Keimungstemperatur.

a) Seitherige Untersuchungen.

Untersuchungen über die Keimung bei konstanter Temperatur unter Berücksichtigung verschiedener Temperaturgrade liegen für *Poa compressa* nicht vor. Im allgemeinen wird angegeben, daß Temperaturwechsel unbedingt für die Keimung nötig sei.

Schon Burchard (1892) weist auf die fördernde Wirkung von Temperaturwechsel auch für diese *Poa*-Art hin. Jedoch soll nach allgemeiner Ansicht dem Temperaturwechsel bei der Keimung von *P. compressa* nicht die große Bedeutung zukommen wie bei anderen Arten dieser Gattung. So genügt nach Hite (1919), Toole (1923), Kleine (1924) und Morinaga (1926) die Anwendung von Temperaturwechsel allein nicht, um eine vollständige Keimung zu erzielen. Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Temperaturkombinationen wurden von Morinaga (1926) angestellt. Am günstigsten war TW 15/32° bei täglich 6stündiger Erhöhung der Temperatur. Ein fast ebenso hoher Prozentsatz keimte bei TW 10/32° (vgl. hierzu die von Lehmann und Aichele, 1931, S. 429, wiedergegebenen Kurven). Dagegen ist bei Toole und Goss (1923) die Angabe zu finden, daß TW 20/39° vor allem bei plötzlichem Wechsel besonders günstig sei.

b) Eigene Versuche.

1. Keimung bei konstanten Temperaturen.

Die Ergebnisse der Versuche mit *P. compressa* bei verschiedenen konstanten Temperaturen waren nicht immer ganz eindeutig und übereinstimmend. Die bespelzten Körner keimten zu der Zeit, in die der Hauptteil meiner Versuche fiel, im Dunkeln überhaupt nicht und ergaben auch bei Belichtung mit der angewandten Lichtmenge keine nennenswerte Keimfähigkeit.

Die Versuche mit entspelzten Körnern zeigten, daß *P. compressa* nicht so ausschließlich an niedere Temperaturen gebunden zu sein scheint, wie es bei *P. nemoralis*, *P. palustris* und noch extremer bei *P. pratensis* festgestellt werden konnte. Später ausgeführte Versuche legen die Vermutung nahe, daß die Temperaturansprüche von *P. compressa* sich im Laufe der Nachreife zugunsten einer besseren Keimung bei höheren Temperaturen ändern. Da diesen Fragen bisher noch nicht weiter nachgegangen werden konnte und die seitherigen Resultate nicht sehr einheitlich sind, möchte ich auf eine genauere Wiedergabe an dieser Stelle verzichten.

2. Keimung bei wechselnden Temperaturen.

Daß jedoch den niederen Temperaturen, speziell der Temperatur 12^0 C, auch für die Keimung von *P. compressa* eine große Bedeutung zukommt, zeigten die Versuche bei intermittierenden Temperaturen (vgl. hierzu Fig. 15). In allen Versuchen war ohne Ausnahme TW $12/30^0$ am günstigsten. Geringere Keimfähigkeit ergab auch hier TW $12/22^0$. Alle übrigen Temperaturwechselformen förderten die Keimung weniger stark. Jedoch war bei nachgereiften Karyopsen auch bei nicht optimalen Temperaturkombinationen hohe Keimfähigkeit zu erzielen.

B. Das Licht.

a) Seitherige Untersuchungen.

Übereinstimmend weisen alle Autoren, die sich mit der Keimung von *P. compressa* befaßten, auf die große Rolle des Lichtes für die Keimung dieser Gramineenart hin (vgl. Heinrich, 1912; Kleine, 1924; Toole, 1925; Morinage, 1926; Nelson, 1927. Näheres s. bei Lehmann und Aichele, 1931, S. 448/49). Da jedoch zum Teil bezüglich der Versuchsanstellung hier dieselben Einwände zu machen sind wie bei den übrigen *Poa*-Arten, schien in Anbetracht der Auffassung von Toole und Gassner eine nochmalige Untersuchung der Frage der Lichtwirkung geboten.

b) Eigene Versuche.

Versuche bei 48stündiger Belichtung mit 1500 MK.

α) Bei konstanten Temperaturen.

Wie oben auseinandergesetzt wurde, war die Keimfähigkeit der bespelzten Körner von *P. compressa* bei konstanten Temperaturen in den ersten Monaten nach der Ernte überaus schlecht. In dieser Zeit war bei der angewandten Lichtmenge nur eine schwache Lichtförderung festzustellen. Dagegen machte sich in einem etwa 18 Monate nach der Ernte bei KT 22° und 30° ausgeführten Versuch eine fördernde Lichtwirkung auch bei konstanten Temperaturen deutlich bemerkbar. Es keimten z. B. bei KT 22° im Dunkeln 0 %, bei Belichtung 10 %. Bei KT 30° wurde die Keimfähigkeit durch Belichtung von 6 % auf 50 % erhöht.

Der günstige Einfluß des Lichtes auf die Keimung entspelzter Körner konnte schon eine Woche nach der Ernte bei KT 22° und 30° festgestellt werden (Tab. 37, Vers. A). Bei allen anderen Versuchen traten ebenfalls jeweils in den belichteten Versuchsreihen höhere Keimprozente auf als im Dunkeln. Die Ergebnisse von einigen bei KT 12°, 22° und 30° ausgeführten Versuchen sind in Tabelle 37 dargestellt.

Tabelle 37.

Poa compressa 50.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei KT.

1500 MK × 48 Stunden; entspelzte Körner.

Versuch A: 30. VII. 30; B: 3. IX. 30; C: 1. X. 30; D: 6. XI. 30.

	Keimfähigkeit in %		Versuch
	dunkel	belichtet	
KT 12° . . .	28,0	37,0	C
	19,0	29,0	D
KT 22° . . .	2,0	14,0	A
	1,5	49,0	C
	10,0	33,0	D
KT 30° . . .	0,5	2,0	A
	1,0	7,5	B
	2,0	18,0	D

β) Versuche bei intermittierenden Temperaturen.

Die keimungsbeeinflussende Wirkung des Lichtes war bei Temperaturwechsel z. T. überaus stark. Wie die Resultate der in Fig. 15 wiedergegebenen Versuche zeigen, ist bei bespelzten und entspelzten Körnern die Keimfähigkeit in den belichteten Versuchsreihen ausnahmslos größer als in den Dunkelkontrollen. Auch alle hier nicht mitgeteilten Versuche zeigten den großen Einfluß des Lichtes auf die Keimung von *Poa compressa*.

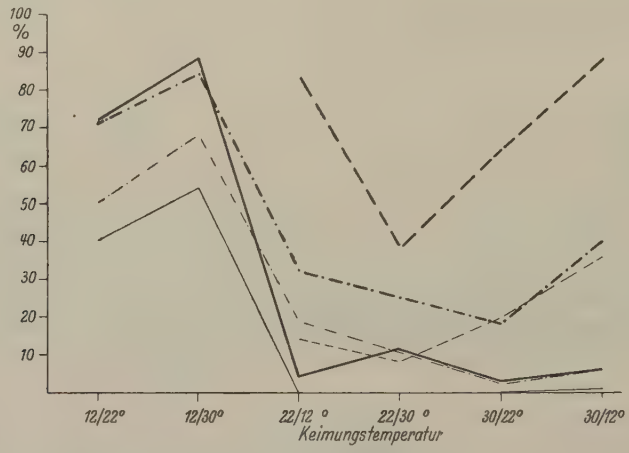

Fig. 15. *Poa compressa* 50.

Einfluß des Lichtes auf die Keimung bespelzter und entspelzter Körner bei intermittierenden Temperaturen. 1500 MK × 48 Std. Vers. A: 4. I. 31; Vers. B: 4. I. 32; Vers. C: 1. XI. 30.
——— = Vers. A, bespelzte Körner, belichtet. ——— = Vers. A, bespelzte Körner, dunkel.
– – – = Vers. B, bespelzte Körner, belichtet. – – – = Vers. B, bespelzte Körner, dunkel.
— • — = Vers. C, entspelzte Körner, belichtet. — • — = Vers. C, entspelzte Körner, dunkel.
Abszisse: Keimungstemperatur. Ordinate: Keimfähigkeit in %.

Bemerkenswert ist, daß in den mitgeteilten und allen anderen bis zum 4. I. 31 ausgeführten Versuchen bei keiner Temperatur volle Keimfähigkeit erzielt wurde. Weder die angewandte Lichtmenge, noch die gleichfalls keimungsfördernde Entspelzung konnten die Keimfähigkeit bis zu 100 % steigern. Die höchste Keimfähigkeit der bespelzten Körner während der angegebenen Zeit wurde am 4. I. 31 mit 88 % bei der optimalen Keimungstemperatur TW 12/30° und Belichtung erzielt, wogegen *P. nemoralis*, *P. palustris* und selbst *P. pratensis* spätestens zu dieser Zeit unter denselben Be-

dingungen vollständig auskeimten und schon kurze Zeit nach der Ernte auch unter nicht optimalen Keimungsbedingungen eine Keimfähigkeit von über 90 % ergaben. Die Angaben von Hite, Toole, Kleine und Morinaga, wonach bei *P. compressa* nur sehr schwer eine vollständige Keimung zu erzielen ist, finden also durch diese Versuche eine Bestätigung. Die hohen Keimprozente der in einem späteren Nachreifestadium bei nicht optimalen Temperaturkombinationen ausgeführten Versuche (Fig. 15, Vers. B) weisen jedoch darauf hin, daß die geringe Keimfähigkeit von *P. compressa* wahrscheinlich mit einem langsameren Ablauf der Nachreifevorgänge in Verbindung zu bringen ist, und daß gut nachgereifte Karyopsen u. U. ebenfalls hohe Keimprozente ergeben.

Abschnitt VI.

Lichtwirkung und Nachreife bei *Poa pratensis, P. palustris* und *P. compressa.*

Es wurde in den vorstehenden Ausführungen darauf verzichtet, für die drei oben genannten Arten jeweils besondere Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Nachreife und Lichtwirkung auf die Keimung anzustellen. Es wurde jedoch verschiedentlich auf die Änderung der Lichtempfindlichkeit und des Lichtbedürfnisses an den betreffenden Stellen hingewiesen. Die Verhältnisse gleichen sehr stark denen bei *P. nemoralis*, weshalb mir eine eingehendere Darstellung überflüssig erschien und auf das diesbezügliche Kapitel für *Poa nemoralis* (S. 355 ff.) verwiesen werden kann.

Abschnitt VII.

Diskussion der Ergebnisse.

Die Keimungsverhältnisse der von mir untersuchten *Poa*-Arten zeigen weitgehende Übereinstimmung, so daß ein gemeinsamer Vergleich mit den Angaben anderer Autoren möglich ist.

Behandeln wir zunächst die Temperatur. Die von Gassner gemachte Feststellung, daß die verhältnismäßig tiefe Temperatur von 12° C das Keimungsoptimum unter den konstanten Temperaturen darstellt, und daß im Gegensatz zu den Angaben fast aller übrigen Autoren höhere Temperaturen ungünstig für die Keimung sind, konnte bestätigt werden, und zwar für alle untersuchten *Poa*-Arten (*P. nemoralis*, *P. pratensis*, *P. palustris* und

P. compressa). Die in der früheren Literatur immer wieder vertretene Ansicht, daß hohe Temperaturen zwischen 25° und 30° C niederen Temperaturen bei der Keimung von *Poa*-Körnern vorzuziehen seien, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß viele dieser Untersuchungen in bezug auf die Konstanz der Temperatur und sonstiger Versuchsbedingungen nicht einwandfrei waren und daß, wie wir sahen und gleich nochmals erörtern werden, dem Temperaturwechsel ein ganz besonderer keimungsfördernder Einfluß bei *Poa*-Körnern zukommt.

Wenn allerdings Gassner bei konstanten Temperaturen nie maximale Keimprozente erzielen konnte, so war es in unserem Falle z. B. für *P. nemoralis* möglich, auch bei konstanten Temperaturen fast 100 % Keimungen zu erhalten.

Die Bedeutung des Temperaturwechsels für die Keimung der *Poa*-Arten konnte auch in meinen Versuchen stets festgestellt werden. In bezug auf die Wirkung verschiedener Temperaturkombinationen aber zeigen die Resultate Gassners eine Abweichung von denen Vanhas, v. Liebenbergs und meinen Ergebnissen. Bei Vanha und v. Liebenberg war TW 11/19° bezw. 11/22° weniger günstig als 11/27° bezw. 11/28°. In Übereinstimmung hiermit war auch in meinen Versuchen 12/30° stärker keimungsfördernd als 12/22°, während nach Gassner beide Temperaturkombinationen in gleichem Maße wirksam sind.

Die Frage der Lichtwirkung auf die Keimung der Karyopsen von *Poa*-Arten mußte, wie oben gezeigt wurde, deshalb einer erneuten Prüfung unterzogen werden, weil Gassner und Toole gegenüber früheren Angaben jeden Lichteinfluß auf die Keimung von *Poa*-Körnern leugneten. Wenn auch bei den früheren Autoren sehr häufig die Versuchsbedingungen wenig oder keine Gewähr für das Ausbleiben störender Temperatureinflüsse gaben und durch Temperaturwechsel eine Lichtwirkung u. U. vorgetäuscht werden konnte, so war die Ansicht von Gassner und Toole den vielen, einen Lichteinfluß feststellenden Angaben gegenüber (vgl. die Zusammenstellung bei Lehmann und Aichele, 1931, S. 445—451) recht auffallend.

Gassner hat die Bearbeitung dieser früheren Untersuchungen in dem Buche von Lehmann und Aichele mit den folgenden Sätzen (vgl. Referat in Zeitschr. f. Bot., 1932, 25, S. 177) beanstandet: „Dagegen hat eine kritische Sichtung und Verarbeitung des Materials, abgesehen von einigen mehr gelegentlichen Aus-

führungen nicht stattgefunden" und: „So werden ohne entsprechende Einschränkung Literaturhinweise über das Vorliegen von Lichtwirkungen auf die Auslösung des Keimprozesses gebracht, in denen unzweifelhaft Licht- und Wärmewirkungen verwechselt sind". Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß eine kritische Stellungnahme zu diesen früheren Untersuchungen ohne erneute eingehende Bearbeitung des Gebietes nicht möglich war. Im Hinblick hierauf heißt es bei Lehmann & Aichele, S. 458: „Nur in einzelnen Fällen aber sind alle diese Verhältnisse schon auf der Grundlage exakter Berücksichtigung von Nachreifestadium, Lichtmenge, verschiedenen Temperaturwechselformen genügend studiert. Hier wird weitere Arbeit einzusetzen haben".

Durch die oben mitgeteilten Versuche konnte auch bei sorgfältiger Beobachtung aller Versuchsbedingungen ein Einfluß des Lichtes auf die Keimung von *Poa*-Karyopsen festgestellt werden. Bei *P. nemoralis* war sogar eine unerwartet hohe Lichtempfindlichkeit zu beobachten. Der alte Streit um die Frage der Lichtwirkung auf die Keimung von *Poa*-Arten muß nunmehr zugunsten der Autoren als entschieden gelten, die, wenn auch oft auf Grund zweifelhafter Methodik, eine keimungsfördernde Wirkung des Lichtes annehmen.

Eine ausreichende Erklärung für das Ausbleiben der Lichtwirkung in den Versuchen Gassners wäre erst dann gegeben, wenn zukünftige Untersuchungen den Nachweis erbringen würden, daß *Poa*-Körner bestimmter Herkunft in keinem Nachreifezustand lichtempfindlich sind. Die negativen Befunde Gassners berechtigen jedoch nicht dazu, den keimungsfördernden Einfluß des Lichtes auf *Poa*-Körner überhaupt zu leugnen.

Bemerkenswert in meinen Versuchen war die stärkere Lichtempfindlichkeit der Karyopsen bei intermittierenden Temperaturen, während Kleine und Nelson nur bei konstanter Temperatur einen Einfluß der Belichtung beobachten konnten.

Weiterhin ergaben meine Versuche sowohl bei konstanten wie bei wechselnden Temperaturen eine höhere Keimfähigkeit der entspelzten als der bespelzten Früchte. Gassner hatte eine solche keimungsfördernde Wirkung der Entspelzung nicht gefunden. Jedoch zeigt sich bei einer näheren Betrachtung seiner diesbezüglichen Tabelle 11 (1930, S. 824) auch in seinen Versuchen eine Wirkung der Entspelzung insofern, als die Keimgeschwindigkeit

der entspelzten Körner erheblich größer ist als die der nicht entspelzten.

Auch die in meinen Versuchen vorhandene keimungsbeeinflussende Wirkung von Stickstoffsalzen, die sich in einer Erhöhung der Keimfähigkeit und Lichtempfindlichkeit zeigt, konnten Toole und Goss, sowie Gassner nicht beobachten. Es geht allerdings aus den Angaben Gassners nicht deutlich hervor, ob überhaupt kein Einfluß dieser Stoffe festzustellen war, da S. 773 nur mitgeteilt wird, daß auch unter dem Einfluß der N-haltigen Stoffe „keine fördernde Wirkung des Lichtes auf *Poa*-Samen" zu erkennen war.

Abschnitt VIII.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die konstante Temperatur 12° C ist für die Keimung aller vier untersuchten *Poa*-Arten bedeutend günstiger als 22° und 30° C. Dadurch wird das von Gassner gefundene tiefe Keimungsoptimum bestätigt.

P. pratensis bedarf in besonderem Maße tiefer Temperaturen zur Keimung, während die übrigen Arten, vor allem *P. nemoralis*, auch bei höheren konstanten Temperaturen u. U. leicht zu keimen vermögen.

Die Temperaturwechselversuche ergaben in Übereinstimmung mit Vanha und v. Liebenberg die günstigsten Keimungsbedingungen bei Wechsel zwischen 12° C (20 Stunden) und 30° C (4 Stunden täglich). Im Gegensatz zu Gassner ist TW 12/22° weniger keimungsfördernd als TW 12/30°.

In Übereinstimmung mit den eben genannten Autoren war stets die Temperaturwechselform günstiger, bei der die tiefere Temperatur längere, die höhere Temperatur kürzere Zeit zur Anwendung gelangte.

Auf Grund sorgfältiger, mögliche Fehlerquellen ausschaltender Untersuchungen konnte einwandfrei festgestellt werden, daß im Gegensatz zu der neuerdings von Toole und Gassner vertretenen Meinung die Keimung von *Poa*-Körnern durch das Licht — z. T. sogar sehr erheblich — gefördert wird.

Der keimungsfördernde Einfluß des Lichtes zeigte sich für bespelzte und entspelzte Karyopsen sowohl bei konstanten wie intermittierenden Temperaturen.

Die Lichtwirkung übertrifft bei *P. nemoralis* sogar u. U. die des Temperaturwechsels.

Bei *P. nemoralis* war eine außerordentlich hohe Lichtempfindlichkeit festzustellen. Schon 10, 5, 2 und 1 Sekunden lange Belichtung mit verschiedenen Lichtintensitäten von 1500, 400 und 200 MK führten zu einer deutlichen Erhöhung der Keimfähigkeit im Vergleich zu den Dunkelkontrollen, so daß *P. nemoralis* zu den Arten mit besonders lichtempfindlichen Samen zu rechnen ist.

Auch *P. pratensis* ergab schon bei Sekunden langer Belichtung höhere Keimprozente als im Dunkeln.

Ein Einfluß der Erntezeit auf die Lichtempfindlichkeit konnte bei *P. nemoralis* nachgewiesen werden.

Die Lichtempfindlichkeit steigt nach dem Einlegen der Karyopsen ins Keimbett zunächst an und fällt nach Erreichung eines Maximums wieder ab. Der Zeitpunkt der höchsten Lichtempfindlichkeit ist je nach der Keimungstemperatur verschieden.

Parallel mit der Sensibilisierung und Desensibilisierung für das Licht geht eine Änderung der Empfindlichkeit für den Einfluß von Temperaturwechsel.

Was die Lichtwirkung anbelangt, so wurde dargelegt (S. 324), daß zwischen Lichtempfindlichkeit und Lichtbedürfnis klar zu scheiden ist.

Im Gegensatz zu den Angaben der meisten Autoren war eine Steigerung der Lichtempfindlichkeit mit zunehmender Nachreife festzustellen.

Das Lichtbedürfnis nimmt, wie schon von verschiedenen Autoren hervorgehoben wurde, im Verlauf der Nachreife ab. Jedoch hängt die Geschwindigkeit des Nachlassens von der Keimungstemperatur ab, so daß die Lichtempfindlichkeit von Samen eventuell erst durch Versuche bei verschiedenen Keimungstemperaturen festgestellt werden kann.

Durch Entspelzung wird die Keimfähigkeit und Lichtempfindlichkeit von *Poa*-Körnern erhöht.

Stickstoffsalze in geeigneter Konzentration wirken als Keimsubstrat fördernd gegenüber dest. Wasser. Auch die Lichtempfindlichkeit der Karyopsen erfährt durch sie eine Steigerung.

Ebenso gehört Salzsäure zu den die Keimung von *Poa*-Karyopsen fördernden Stoffen.

Die Untersuchungen wurden im Botanischen Institut Tübingen ausgeführt.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. E. Lehmann, für die Überlassung des Themas, das stete Interesse und die Förderung der Arbeit durch Neuanschaffung von Materialien und Apparaten herzlichst zu danken.

Besonderer Dank gebührt auch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die durch Zuwendung von Mitteln die Untersuchungen in diesem Umfange ermöglichte.

Literatur.

Nachstehend sind nur die von mir zitierten Arbeiten angeführt. Ein erschöpfendes Literaturverzeichnis ist in der „Keimungsphysiologie der Gräser" von Lehmann & Aichele, 1931, zu finden.

Bihlmeier, M., Der Einfluß der Vorquellung und der Samenschale auf die Keimung lichtgeförderter Samen. Jahrb. f. wiss. Bot., 1928, **67**.

Burchard, O., Über die Temperatur bei Keimversuchen. Österr. Landw. Wochenblatt, 1892, **18**.

Cieslar, A., Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen. Wollnys Forsch. a. d. Geb. der Agrikulturphysik, 1883, **6**.

Eidam, Über den Einfluß wechselnder Feuchtigkeit und Temperatur auf die Keimung der Grassamen. Jahresber. d. Schl. Ges. f. vaterl. Kultur, 1883, **61**.

Gassner, G., Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes und des Temperaturwechsels auf die Keimung von *Chloris ciliata*. Jahrb. Hamb. Wiss. Anst., 1912, **29**.

— —, Über die keimungsauslösende Wirkung der Stickstoffsalze auf lichtempfindliche Samen. Jahrb. f. wiss. Bot., 1915, **55**.

— —, Einige neue Fälle von keimungsauslösender Wirkung der Stickstoffverbindungen auf lichtempfindliche Samen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1915, **33**.

— —, Untersuchungen über die Wirkung von Temperatur und Temperaturkombination auf die Keimung von *Poa pratensis* und anderen *Poa*-Arten. Zeitschr. f. Bot., 1930, **28**.

— —, Referat über: Lehmann, E. u. Aichele, F., Keimungsphysiologie der Gräser (Gramineen), 1931, in Zeitschr. f. Bot., 1932, **25**, H. 3/4.

Harrington, G. T., Use of alternating temperatures in the germination of seeds. Journ. Agric. Res. 1923, **23**.

Hartleb & Stutzer, Untersuchungen über die Methode der Samenprüfung, insbesondere diejenige der Grassamen. Journ. f. Landw., 1897, **45**.

Heinrich, M., Einige Erfahrungen bei Keimprüfungen im Jahre 1910/11. Landw. Vers. Stat., 1912, **78**.

Hite, B. C., Forcing the germination of blue grass. Proceed. Assoc. offic. seed analysts of North America, 1919, **11**.

— —, Effect of storage on the germination of blue grass seed. Ebenda, 1923, **14** u. **15**.

Hopkins, E. F., Some experiments with an new substratum used in germination testing with observations on moisture relation. Proceed. Assoc. offic. seed analysts of North America, 1923, **14/15**.

Jensen, Hj., Verslag van het Proefstation voor Vorstenlandsche Tabak 1901 und 1902 in Mededeel. v. h. Proefstation v. Vorst. Tabak Nr. 5, **137**.

Joensson, B., Jaktagelser öfver Ljusets betydelse för fröns groning. Lunds Univ. Arskrift, 1892/93, **29**.

Kinzel, W., Über den Einfluß des Lichtes auf die Keimung. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1907, **25**.

— —, Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Verl. v. Eugen Ulmer, Stuttgart, 1913.

Kleine, R., Beobachtungen bei Keimversuchen mit Rispengräsern. Grünland, 1924, **42**.

Kling, F., Beitrag zur Prüfung der Gräserkeimung. Diss. Gießen, 1916.

Lehmann, E., Zur Keimungsphysiologie und -biologie von *Ranunculus sceleratus*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1909, **27**.

— —, Lichtkeimungsfragen. Zeitschr. i. Bot., 1915, **7**.

— —, Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von *Lythrum Salicaria* auslöst. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1918, **36**.

— — & Aichele, F., Keimungsphysiologie der Gräser (Gramineen). Eine Lebensgeschichte des reifenden, ruhenden und keimenden Grassamens. Verl. v. Ferdinand Enke, Stuttgart, 1931.

— — & Ottenwälder, A., Über katalytische Wirkung des Lichtes bei der Keimung lichtempfindlicher Samen. Zeitschr. f. Bot., 1913, **5**.

v. Liebenberg, A., Über den Einfluß intermittierender Erwärmung auf die Keimung der Grassamen. Bot. Centralbl., 1884, **18**.

Morinaga, T., Effect of alternating temperatures upon the germination of seeds. Amer. Journ. of Bot., 1926, **13**.

Nelson, A., The germination of *Poa* spp. Ann. of Appl. Biology, 1927, **14**.

Niethammer, A., Keimungsphysiologische Studien unter Hervorhebung des Lichtkeimungsproblems. Biochem. Zeitschr., 1927, 185.

Nobbe, F., Übt das Licht einen vorteilhaften Einfluß auf die Keimung der Grassamen? Landw. Vers. Stat., 1882, **27**.

Ottenwälder, A., Lichtintensität und Substrat bei der Keimung. Zeitschr. f. Bot., 1914, **6**.

Pickholz, L., Ein Beitrag zur Frage über die Wirkung des Lichtes und der intermittierenden Temperatur auf die Keimung von Samen, sowie über die Rolle des Wassergehaltes der Samen bei dieser Wirkung. Zeitschr. f. d. Landw. Versuchswesen in Österreich, 1911, **14**.

Pieper, H., Vergleichende Keimversuche mit Grassämereien. Diss. Jena, 1909.

Pincussen, L., Photobiologie. Grundlagen — Ergebnisse — Ausblicke. Verlag Georg Thieme, Leipzig 1930.

Rao, L., Quantitative Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung von *Lythrum Salicaria*. Jahrb. f. wiss. Bot., 1925, **64**.

Reiling, R., Keimversuche mit Gräsern zur Ermittlung des Einflusses, den Alter und Licht auf den Keimprozeß ausüben. Diss. Jena, 1912.

Rostrup, O., Spiringen hos storhoppet Rapgraes. Aarsberetn. for Dansk Frökontrol., 1897/98.

Stebler, F. G., Über die Einwirkung des Lichtes auf die Keimung. Vierteljahresber. d. naturf. Ges. Zürich, 1881. Bot. Centralbl., 1881, **2**.

Technische Vorschriften für die Prüfung von Saatgut, gültig vom 1. Januar 1928 an. Landw. Vers. Stat., 1928, **17**, H. 1 u. 2.

Toole, E. H., A preliminary report on blue grass germination. Proc. Assoc. offic. seed analysts of North America, 1923, **14/15**.

— —, Changes in „rules for seed testing". Ebenda, 1925.

— — und Goss, W. L., The analysts interest in dormancy problems. Ebenda, 1923, **14/15**.

— —, Effect of light and potassium nitrate of germination. Ebenda, 1925, **17**.

Vanha, J., Versuche über den Einfluß intermittierender Erwärmung auf die Keimung von Samen. Zeitschr. f. d. Landw. Versuchswesen in Österreich, 1898, **1**.

Wieser, G., Der Einfluß des Sauerstoffs auf die Lichtwirkung bei der Keimung lichtempfindlicher Samen. Planta, 1927, **4**.

Lebenslauf

Am 25. Juli 1906 wurde ich zu Barmen als Sohn des Oberpostsekretärs Christian Maier und seiner Ehefrau Scholastika geb. Oesterle geboren. Nach Übersiedlung meines Vaters nach Hechingen besuchte ich daselbst die Volksschule und das Reformrealgymnasium, das ich Ostern 1925 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Anschließend widmete ich mich dem Studium der Naturwissenschaften an den Universitäten Tübingen, Berlin und Freiburg i. B.